

64

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-26411

(P2002-26411A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 41/083		G 0 1 P 15/09	2 F 1 0 5
G 0 1 P 15/09		G 0 1 C 19/56	
H 0 1 L 41/09		G 0 1 P 9/04	
41/187		H 0 1 L 41/08	N
41/22			J

審査請求 未請求 請求項の数55 O L (全 34 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-297782 (P2000-297782)	(71) 出願人	000004064 日本碍子株式会社 愛知県名古屋市長瑞穂区須田町2番56号
(22) 出願日	平成12年9月29日 (2000.9.29)	(72) 発明者	武内 幸久 愛知県名古屋市長瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(31) 優先権主張番号	09/524042	(72) 発明者	柴田 和義 愛知県名古屋市長瑞穂区須田町2番56号 日 本碍子株式会社内
(32) 優先日	平成12年3月13日 (2000.3.13)	(74) 代理人	100077665 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	特願平11-281522		
(32) 優先日	平成11年10月1日 (1999.10.1)		
(33) 優先権主張国	日本 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願平11-307844		
(32) 優先日	平成11年10月28日 (1999.10.28)		
(33) 優先権主張国	日本 (JP)		

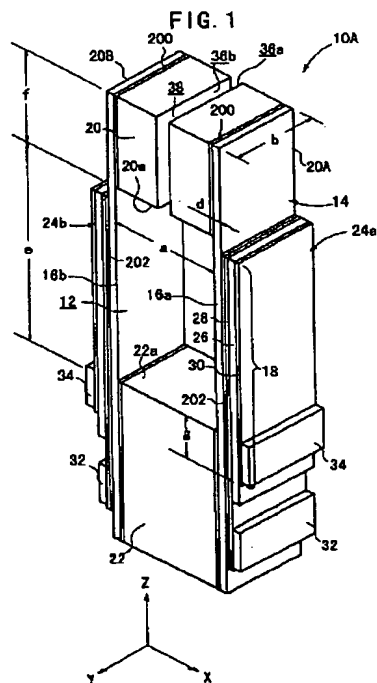
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電／電歪デバイス及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 デバイスの長寿命化及び可動部の変位の増大化と高速化（高共振周波数化）を達成させると共に、デバイスのハンドリング性並びに可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させる。

【解決手段】 相対向する一対の薄板部16a及び16bと、可動部20と、これら薄板部16a及び16bと可動部20を支持する固定部22を具備し、一対の薄板部16a及び16bのうち、少なくとも1つの薄板部16a及び16bに圧電／電歪素子24a及び24bが配設され、一対の薄板部16a及び16bの両内壁と可動部20の内壁20aと固定部22の内壁22aとにより孔部12が形成された圧電／電歪デバイス10Aにおいて、一対の薄板部16a及び16bを金属製とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】金属製の薄板部上に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子が固着されたアクチュエータ部を少なくとも有し、

前記積層型圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と電極膜からなるアクチュエータ膜が少なくとも3層以上の多層体で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項2】請求項1記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子を構成する多層体の中の複数の電極膜が互い違いに積層され、1層おきに同一電圧が印加されるように接続されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項3】請求項1又は2記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記アクチュエータ膜が10層以下の多層体で構成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項4】請求項1～3のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記アクチュエータ膜が印刷多層法で形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項5】請求項1～4のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

1層おきの前記電極膜の垂直投影面における面方向の位置ずれが50μm以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項6】請求項1～5のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記接着剤の厚みが15μm以下であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項7】請求項1～6のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子における前記薄板部との対向面に下地層が形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項8】請求項1～7のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が形成される部分に1以上の孔又は穴が形成されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項9】請求項1～7のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部の表面のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が形成される部分が粗面とされていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項10】相対向する一対の金属製の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とからなり、少なくとも一方の薄板部上に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子が固定されたアクチュエータ部を具備し、

前記積層型圧電／電歪素子は、複数の圧電／電歪層と電極膜からなり、

各圧電／電歪層の上下面に接する電極膜が互い違いに反対の端面に導出され、当該互い違いの反対の端面に導出された各電極膜を電気的に接続する端面電極が、最外層の前記圧電／電歪層の表面に設けられ、かつ、所定距離だけ離れて配置された端子部にそれぞれ電気的に接続されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項11】請求項10記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記積層型圧電／電歪素子は、ほぼ直方体形状を呈していることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項12】請求項10又は11記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記端子部間の所定距離は50μm以上であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項13】請求項10～12のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

少なくとも一方の前記端子部と一方の前記端面電極とが、これら端子部や端面電極より薄い膜厚の電極膜で電気的に接続されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項14】相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスであって、

前記一対の薄板部の開放端の間に前記固定部と実質的に同程度の大きさの物体が介在する場合の構造体の最小共振周波数が20kHz以上であり、前記物体と前記固定部との相対変位量が、前記共振周波数の1/4以下の周波数で実体的な印加電圧30Vで0.5μm以上であることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項15】請求項14記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記圧電／電歪素子と前記薄板部との間に接着剤が介在され、

前記接着剤の厚みが前記圧電／電歪素子の厚みの10%以下の厚みであることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項16】請求項14又は15記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記一対の薄板部のうち、一方の薄板部に前記1以上の圧電／電歪素子が配設され、

前記一方の薄板部の厚みが、他方の薄板部の厚みよりも厚いことを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項17】請求項14～16のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記一対の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、

前記一对の薄板部における前記物体との境界部分と前記固定部との境界部分との間の距離が0.4mm以上、2mm以下であって、

前記一对の薄板部の各厚みが10μm以上、100μm以下であることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項18】請求項14～17のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪素子は、圧電/電歪層と電極膜からなるアクチュエータ膜が少なくとも3層以上の多層体で構成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項19】請求項18記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記アクチュエータ膜が10層以下の多層体で構成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項20】請求項18又は19記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪層の厚みが5μm以上、30μm以下であることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項21】請求項18～20のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

少なくとも前記圧電/電歪層に挟まれる電極膜の厚みが0.5μm以上、20μm以下であることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項22】請求項18～21のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪素子を構成する多層体の中の複数の電極膜が互い違いに積層され、1層おきに同一電圧が印加されるように接続されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項23】請求項22記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪素子は、該圧電/電歪素子を構成する多層体のうち、1層目の圧電/電歪層のみ、あるいは1層目の電極膜と1層目の圧電/電歪層が前記薄板部に接触するように形成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項24】請求項22又は23記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記電極膜の端部のうち、一方は、平面的に少なくとも前記固定部を含まない位置に形成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項25】請求項18～24のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪素子を構成する多層体の一端が、平面的に少なくとも前記固定部を含まない位置に形成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項26】請求項24又は25記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、

前記一对の薄板部における前記物体との境界部分と前記固定部との境界部分との間の最短距離を L_a とし、

前記物体又は前記固定部のうち、前記圧電/電歪素子を構成する多層体が形成されていない一方と前記薄板部との境界部分から前記電極膜の端部までの距離のうち、最も短い距離を L_b としたとき、

$(1-L_b/L_a)$ が0.4以上であることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項27】請求項26記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

$(1-L_b/L_a)$ が0.5～0.8であることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項28】請求項14～27のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記薄板部が金属からなることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項29】請求項28記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記薄板部が冷間圧延加工された金属板からなることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項30】請求項18～29のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記圧電/電歪素子を構成する前記多層体と前記薄板部との間に厚みが0.1μm以上、30μm以下の接着剤が介在されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項31】請求項30記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記接着剤が有機樹脂からなることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項32】請求項30記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記接着剤がガラス、ろう材又は半田からなることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項33】請求項30～32のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記多層体における前記薄板部との対向面に下地層が形成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項34】請求項30～33のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記薄板部のうち、少なくとも前記多層体が形成される部分に1以上の孔又は穴が形成されていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項35】請求項30～33のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記薄板部の表面のうち、少なくとも前記多層体が形成される部分が粗面とされていることを特徴とする圧電/電歪デバイス。

【請求項36】請求項14～35のいずれか1項に記載の圧電/電歪デバイスにおいて、

前記薄板部と少なくとも前記固定部との間に厚みが0.1 μm 以上、30 μm 以下の接着剤が介在されていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項37】請求項36記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記接着剤が有機樹脂からなることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項38】請求項36記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記接着剤がガラス、ロウ材又は半田からなることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項39】請求項36～38のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部と少なくとも前記固定部との対向部分からはみ出た前記接着剤のはみ出し形状に曲率を持たせていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項40】請求項36～38のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、少なくとも前記固定部の前記物体に対向する角部が面取りされていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項41】請求項36～38のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

前記薄板部が金属板の打抜き加工によって作製されている場合に、前記打抜き加工によるばりが外方に向けられていることを特徴とする圧電／電歪デバイス。

【請求項42】相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも後に薄板部を形成する複数の薄板と、前記圧電／電歪素子と、支持基板を準備する工程と、

少なくとも1つの前記薄板に第1の接着剤を介して圧電／電歪素子を固着する工程と、

前記支持基板に第2の接着剤を介して前記複数の薄板を固着して、該複数の薄板が相対向されたデバイス原盤を作製する工程と、

前記デバイス原盤を複数個に分離して個々の前記圧電／電歪デバイスを作製する分離工程とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項43】相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、

前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、

少なくとも後に薄板部を形成する複数の薄板と、前記圧電／電歪素子と、支持基板を準備する工程と、

前記支持基板に第2の接着剤を介して前記複数の薄板を

固着する工程と、

少なくとも1つの前記薄板に第1の接着剤を介して圧電／電歪素子を固着して前記複数の薄板が相対向されたデバイス原盤を作製する工程と、

前記デバイス原盤を複数個に分離して個々の前記圧電／電歪デバイスを作製する分離工程とを有することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項44】請求項42又は43記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

作製される圧電／電歪デバイスの前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、

前記支持基板は、少なくとも後に前記物体となる部分と後に前記固定部となる部分を有する矩形の環状構造体であることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項45】請求項42～44のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

作製される圧電／電歪デバイスの前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在しない場合に、

前記支持基板は、前記開放端を支持する部分と後に前記固定部となる部分を有する矩形の環状構造体であることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項46】請求項42～45のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記第1の接着剤及び／又は第2の接着剤が有機樹脂であることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項47】請求項42～45のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記第1の接着剤及び／又は第2の接着剤がガラス、ロウ材又は半田であることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項48】請求項42～47のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記薄板及び／又は支持基板が金属であることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項49】請求項42～48のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記デバイス原盤を分離する処理として、前記デバイス原盤に対して所定の切断線に沿って切断する処理を含む場合に、

前記切断方向が前記一对の薄板部の変位方向とほぼ同じであることを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項50】請求項42～49のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記薄板に前記第1の接着剤を介して前記圧電／電歪素子を固着する前に、前記圧電／電歪素子における前記薄板との対向面に下地層を形成する工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項51】請求項42～50のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記薄板のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が固着される部分に1以上の孔又は穴を形成する工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項52】請求項42～50のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記薄板の表面のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が固着される部分を粗くする工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項53】請求項42～52のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記薄板と前記支持基板との対向部分からはみ出した前記第2の接着剤のはみ出し形状に曲率を形成する工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項54】請求項42～52のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスの製造方法において、

前記デバイス原盤のうち、前記支持基板の互いに対向する角部を面取りする工程を含むことを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【請求項55】請求項42～52のいずれか1項に記載の圧電／電歪デバイスにおいて、

金属板に対して打抜き加工をすることによって前記薄板を作製する工程を含む場合に、

前記薄板を前記支持基板と組み合わせて前記デバイス原盤を作製する際に、前記薄板に発生している前記打抜き加工によるバリを外方に向けて前記デバイス原盤を作製することを特徴とする圧電／電歪デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電／電歪素子の変位動作に基づいて作動する可動部を備えた圧電／電歪デバイス、もしくは可動部の変位を圧電／電歪素子により検出できる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関し、詳しくは、強度、耐衝撃性、耐湿性に優れ、効率よく可動部を大きく作動させることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近時、光学や磁気記録、精密加工等の分野において、サブミクロンオーダーで光路長や位置を調整可能な変位素子が必要とされており、圧電／電歪材料（例えば強誘電体等）に電圧を印加したときに惹起される逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子の開発が進められている。

【0003】従来、このような変位素子としては、例えば図53に示すように、圧電／電歪材料からなる板状体400に孔部402を設けることにより、固定部404と可動部406とこれらを支える梁部408とを一体に形成し、更に、梁部408に電極層410を設けた圧電アクチュエータが開示されている（例えば特開平10-136665号公報参照）。

【0004】前記圧電アクチュエータにおいては、電極

層410に電圧を印加すると、逆圧電効果や電歪効果により、梁部408が固定部404と可動部406とを結ぶ方向に伸縮するため、可動部406を板状体400の面内において弧状変位又は回転変位させることが可能である。

【0005】一方、特開昭63-64640号公報には、バイモルフを用いたアクチュエータに関して、そのバイモルフの電極を分割して設け、分割された電極を選択して駆動することにより、高精度な位置決めを高速に行う技術が開示され、この公報（特に第4図）には、例えば2枚のバイモルフを対向させて使用する構造が示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記圧電アクチュエータにおいては、圧電／電歪材料の伸縮方向（即ち、板状体400の面内方向）の変位をそのまま可動部406に伝達していたため、可動部406の作動量が小さいという問題があった。

【0007】また、圧電アクチュエータは、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成しているため、機械的強度が低く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に劣ることに加え、圧電アクチュエータ自体が重く、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受けやすいという問題点があった。

【0008】前記問題点を解決するために、孔部402に柔軟性を有する充填材を充填することが提案されているが、単に充填材を使用しただけでは、逆圧電効果や電歪効果による変位の量が低下することは明らかである。

【0009】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、デバイスの長寿命化、デバイスのハンドリング性並びに可動部への部品の取付性又はデバイスの固定性を向上させることができ、これにより、相対的に低電圧で可動部を大きく変位することができると共に、デバイス、特に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる圧電／電歪デバイス及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、金属製の薄板部上に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子が固着されたアクチュエータ部を少なくとも有し、前記積層型圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と電極膜からなるアクチュエータ膜が少なくとも3層以上の多層体で構成されていることを特徴とする。

【0011】これにより、積層型圧電／電歪素子の平面上の面積を広げなくても薄板部を大きく変位させること

ができ、しかも、薄板部が金属製であるため、強度や靱性に優れ、急激な変位動作にも対応できる。

【0012】つまり、本発明においては、使用環境の変動や過酷な使用状態においても十分に対応でき、耐衝撃性に優れ、圧電／電歪デバイスの長寿命化、圧電／電歪デバイスのハンドリング性の向上を図ることができ、しかも、相対的に低電圧で薄板部を大きく変位させることができると共に、薄板部の剛性が高く、またアクチュエータ膜の膜厚が厚く、剛性が高いため、薄板部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができる。

【0013】そして、前記圧電／電歪素子を構成する多層体の中の複数の電極膜が互い違いの端面をもつように積層され、1層おきに同一電圧が印加されるように接続されていることが好ましい。また、前記アクチュエータ膜は10層以下の多層体で構成されていることが好ましく、前記アクチュエータ膜は、印刷多層法で形成されていることが好ましい。更に、1層おきの前記電極膜の垂直投影面における面方向の位置ずれが50μm以下であることが好ましく、前記接着剤の厚みは15μm以下であることが好ましい。

【0014】本発明は、前記圧電／電歪素子における前記薄板部との対向面に下地層を形成するようにしてもよい。また、前記薄板部のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が形成される部分に1以上の孔又は穴を形成するようにしてもよい。この場合、孔や穴内に接着剤が入り込むことから、接着面積が実質的に大きくなると共に、接着剤の厚みを薄くすることが可能となる。更に、前記薄板部の表面のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が形成される部分を粗面としてもよい。この場合、接着面積が実質的に大きくなるため、接着を強固にすることができる。

【0015】また、本発明は、相対向する一対の金属製の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とからなり、少なくとも一方の薄板部上に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子が固定されたアクチュエータ部を具備し、前記積層型圧電／電歪素子は、複数の圧電／電歪層と電極膜からなり、各圧電／電歪層の上下面に接する電極膜が互い違いに反対の端面に導出され、当該互い違いの反対の端面に導出された各電極膜を電氣的に接続する端面電極が、最外層の前記圧電／電歪層の表面に設けられ、かつ、所定距離だけ離れて配置された端子部にそれぞれ電氣的に接続されていることを特徴とする。これにより、積層化された圧電／電歪素子に対する駆動信号の供給並びに検知信号の取出しを容易に行うことができ、薄板部への積層型圧電／電歪素子の形成を実現することができる。

【0016】そして、この発明において、前記積層型圧電／電歪素子を、ほぼ直方体形状を呈するようにしてもよい。この場合、前記端子部間の所定距離は50μm以

上であることが好ましい。また、少なくとも一方の前記端子部と一方の前記端面電極とを、これら端子部や端面電極より薄い膜厚の電極膜で電氣的に接続するようにしてもよい。

【0017】また、本発明は、相対向する一対の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一対の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスであり、前記一対の薄板部の開放端の間に前記固定部と実質的に同程度の大きさの物体が介在する場合の構造体の最小共振周波数が20kHz以上であって、前記物体と前記固定部との相対変位量が、前記共振周波数の1/4以下の周波数で実体的な印加電圧30Vで0.5μm以上であることを特徴とする。

【0018】これにより、一対の薄板部を大きく変位させることができると共に、圧電／電歪デバイス、特に、一対の薄板部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。

【0019】少なくとも前記薄板部及び固定部は、セラミックスもしくは金属を用いて構成されていてもよく、また、各部をセラミック材料同士で構成することもできるし、あるいは金属材料同士で構成することもできる。更には、セラミックスと金属の材料とから製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造として構成することもできる。

【0020】前記圧電／電歪素子と前記薄板部との間に接着剤を介在させた場合は、前記接着剤の厚みを前記圧電／電歪素子の厚みの10%以下の厚みとすることが好ましい。また、前記一対の薄板部のうち、一方の薄板部に前記1以上の圧電／電歪素子を配設した場合は、前記一方の薄板部の厚みを、他方の薄板部の厚みよりも厚くすることが好ましい。

【0021】そして、前記一対の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、前記一対の薄板部における前記物体との境界部分と前記固定部との境界部分との間の距離が0.4mm以上、2mm以下であって、前記一対の薄板部の各厚みが10μm以上、100μm以下であることが好ましい。

【0022】前記圧電／電歪素子は、圧電／電歪層と電極膜からなるアクチュエータ膜が少なくとも3層以上の多層体で構成されていることが好ましい。この場合、前記アクチュエータ膜は10層以下の多層体で構成されていることが好ましい。また、前記圧電／電歪層の厚みが5μm以上、30μm以下であることが好ましく、前記電極膜の厚みは0.5μm以上、20μm以下であることが好ましい。

【0023】また、前記圧電／電歪素子を構成する多層体の中の複数の電極膜が互い違いに積層され、1層おきに同一電圧が印加されるように接続されていることが好ましい。

【0024】特に、薄板部を金属製とした場合は、前記圧電／電歪素子は、該圧電／電歪素子を構成する多層体のうち、1層目の圧電／電歪層のみ、あるいは1層目の電極膜と1層目の圧電／電歪層が前記薄板部に接触するように形成すれば、異なる電極間の短絡現象を防止することができる。

【0025】また、前記電極膜の端部のうち、一方を、平面的に少なくとも前記固定部を含まない位置に形成するようにしてもよいし、前記圧電／電歪素子を構成する多層体の一端を、平面的に少なくとも前記固定部を含まない位置に形成するようにしてもよい。

【0026】また、前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、前記一对の薄板部における前記物体との境界部分と前記固定部との境界部分との間の最短距離を L_a とし、前記物体又は前記固定部のうち、前記圧電／電歪素子を構成する多層体が形成されていない一方と前記薄板部との境界部分から前記電極膜の端部までの距離のうち、最も短い距離を L_b としたとき、 $(1-L_b/L_a)$ が0.4以上であることが好ましく、更に好ましくは、 $(1-L_b/L_a)$ が0.5～0.8である。

【0027】前記薄板部を金属とする場合は、前記薄板部を冷間圧延加工された金属板にて構成することが好ましい。

【0028】また、前記圧電／電歪素子を構成する前記多層体と前記薄板部との間に厚みが0.1 μm 以上、30 μm 以下の接着剤を介在させるようにしてもよい。この場合、前記接着剤は有機樹脂であってもよいし、ガラス、ロウ材又は半田であってもよい。

【0029】更に、前記多層体における前記薄板部との対向面に下地層を形成するようにしてもよい。また、前記薄板部のうち、少なくとも前記多層体が形成される部分に1以上の孔又は穴を形成するようにしてもよい。この場合、孔や穴内に接着剤が入り込むことから、接着面積が実質的に大きくなると共に、接着剤の厚みを薄くすることが可能となる。前記薄板部の表面のうち、少なくとも前記多層体が形成される部分を粗面としてもよい。この場合、接着面積が実質的に大きくなるため、接着を強固にすることができる。更に、前記薄板部と少なくとも前記固定部との間に厚みが0.1 μm 以上、30 μm 以下の接着剤を介在されることが好ましい。この場合、前記接着剤は有機樹脂でもよいし、ガラス、ロウ材又は半田であってもよい。

【0030】また、前記薄板部と少なくとも前記固定部との対向部分からはみ出た前記接着剤のはみ出し形状に曲率を持たせることが好ましい。この場合、固定部の内

壁や各薄板部の内壁も接着面として利用されることができ、接着面積が大きくなり、接着強度を大きくすることができる。また、固定部の内壁と各薄板部の内壁との接合部分（角部）への応力集中を効果的に分散させることができる。

【0031】前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、少なくとも前記固定部の前記物体に対向する角部を面取りすることが好ましい。この場合、面取りの角度や曲率半径を適宜調整することにより、接着剤のはみ出し量を安定化することができ、接着強度の局部的なばらつきを抑制することができ、歩留まりの向上を図ることができる。前記薄板部が金属板を打抜き加工することによって作製されている場合に、ハンドリング性や各部材の接着方向を考慮して、前記打抜き加工によるばりを外方に向けることが好ましい。

【0032】次に、本発明は、相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも後に薄板部を形成する複数の薄板と、前記圧電／電歪素子と、支持基板を準備する工程と、少なくとも1つの前記薄板に第1の接着剤を介して圧電／電歪素子を固着する工程と、前記支持基板に第2の接着剤を介して前記複数の薄板を固着して、該複数の薄板が相対向されたデバイス原盤を作製する工程と、前記デバイス原盤を複数個に分離して個々の前記圧電／電歪デバイスを作製する分離工程とを有することを特徴とする。

【0033】また、本発明は、相対向する一对の薄板部と、これら薄板部を支持する固定部とを具備し、前記一对の薄板部のうち、少なくとも1つの薄板部に1以上の圧電／電歪素子が配設された圧電／電歪デバイスの製造方法であって、少なくとも後に薄板部を形成する複数の薄板と、前記圧電／電歪素子と、支持基板を準備する工程と、前記支持基板に第2の接着剤を介して前記複数の薄板を固着する工程と、少なくとも1つの前記薄板に第1の接着剤を介して圧電／電歪素子を固着して該複数の薄板が相対向されたデバイス原盤を作製する工程と、前記デバイス原盤を複数個に分離して個々の前記圧電／電歪デバイスを作製する分離工程とを有することを特徴とする。

【0034】これらの製造方法によって、一对の薄板部を大きく変位させることができると共に、デバイス、特に、一对の薄板部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができる圧電／電歪デバイスを容易に製造することができる。

【0035】そして、作製される圧電／電歪デバイスの前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在する場合に、上述の製造方法においては、前記支持基板を、少なくとも後に前記物体となる部分と後に前記固定部と

10

20

30

40

50

なる部分を有する矩形の環状構造体としてもよい。

【0036】あるいは、作製される圧電／電歪デバイスの前記一对の薄板部における開放端の間に物体が介在しない場合に、上述の製造方法においては、前記支持基板を、前記開放端を支持する部分（少なくとも後に前記物体が介在する部分の厚みを実質的に規定する部分）と後に前記固定部となる部分を有する矩形の環状構造体としてもよい。

【0037】また、前記第1の接着剤及び／又は第2の接着剤は有機樹脂であってもよいし、ガラス、ロウ材又は半田であってもよい。一方、前記薄板及び／又は支持基板は金属製であってもよい。

【0038】また、前記デバイス原盤を分離する処理として、前記デバイス原盤に対して所定の切断線に沿って切断する処理を含む場合に、前記切断方向が前記一对の薄板部の変位方向とほぼ同じであることが好ましい。

【0039】更に、本発明に係る製造方法においては、前記薄板に前記第1の接着剤を介して前記圧電／電歪素子を固着する前に、前記圧電／電歪素子における前記薄板との対向面に下地層を形成する工程を含むようにしてもよいし、前記薄板のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が固着される部分に1以上の孔又は穴を形成する工程を含むようにしてもよい。

【0040】また、前記薄板の表面のうち、少なくとも前記圧電／電歪素子が固着される部分を粗くする工程を含むようにしてもよいし、前記薄板と前記支持基板との対向部分からはみ出た前記第2の接着剤のはみ出し形状に曲率を形成する工程を含むようにしてもよい。

【0041】また、前記デバイス原盤のうち、前記支持基板の互いに対向する角部を面取りする工程を含むようにしてもよい。また、金属板に対して打抜き加工をすることによって前記薄板を作製する工程を含む場合において、前記薄板を前記支持基板と組み合わせて前記デバイス原盤を作製する際に、前記薄板に発生している前記打抜き加工によるばりを外方に向けて前記デバイス原盤を作製するようにしてもよい。

【0042】従って、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品（フィルタ）、トランス、通信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法の実施の形態例を図1～図52を参照しながら説明する。

【0044】ここで、圧電／電歪デバイスは、圧電／電歪素子により電氣的エネルギーと機械的エネルギーとを相互に変換する素子を包含する概念である。従って、各種アクチュエータや振動子等の能動素子、特に、逆圧電効果や電歪効果による変位を利用した変位素子として最も好適に用いられるほか、加速度センサ素子や衝撃センサ素子等の受動素子としても好適に使用され得る。

【0045】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aは、図1に示すように、全体として長尺の直方体の形状を呈し、その長軸方向のほぼ中央部分に孔部12が設けられた基体14を有する。

【0046】基体14は、相対向する一对の薄板部16a及び16bと、可動部20と、前記一对の薄板部16a及び16b並びに可動部20を支持する固定部22とを具備し、少なくとも薄板部16a及び16bの各一部にそれぞれ圧電／電歪素子24a及び24bが形成されている。

【0047】なお、前記基体14については、全体をセラミックスもしくは金属を用いて構成されたもののほか、セラミックスと金属の材料で製造されたものを組み合わせたハイブリッド構造としてもよい。また、基体14は、各部を有機樹脂、ガラス等の接着剤で接着してなる構造、ロウ付け、半田付け、共晶接合もしくは溶接等で一体化した金属一体構造等の構成を採用することができる。

【0048】この第1の実施の形態については、基体14のうち、一对の薄板部16a及び16bが金属製であって、他の可動部20及び固定部22がセラミック製とされたハイブリッド構造となっている。具体的には、金属製の薄板部16a及び16bがセラミック製の可動部20と固定部22の各側面に接着剤200を介して固着されている。もちろん、薄板部16a及び16b、可動部20及び固定部22を全て金属製にしてもよい。

【0049】そして、圧電／電歪素子24a及び24bは、後述のとおり別体として圧電／電歪素子24a及び24bを準備して、基体14に有機樹脂、ガラス等の接着剤や、ロウ付け、半田付け、共晶接合等で貼り付けられるほか、膜形成法を用いることにより、前記貼り付けではなく直接基体14に形成されることとなる。第1の実施の形態では、薄板部16a及び16b上にそれぞれ圧電／電歪素子24a及び24bが接着剤202を介して固着されて構成されている。

【0050】また、この圧電／電歪デバイス10Aは、一对の薄板部16a及び16bの両内壁と可動部20の内壁20aと固定部22の内壁22aにより例えば矩形状の前記孔部12が形成され、前記圧電／電歪素子24a及び／又は24bの駆動によって可動部20が変位し、あるいは可動部20の変位を圧電／電歪素子24a及び／又は24bにより検出する構成を有する。

【0051】圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電

／電歪層 26 と、該圧電／電歪層 26 の両側に形成された一対の電極 28 及び 30 とを有して構成され、該一対の電極 28 及び 30 のうち、一方の電極 28 が少なくとも一対の薄板部 16 a 及び 16 b に形成されている。

【0052】図 1 の例では、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を構成する一対の電極 28 及び 30 並びに圧電／電歪層 26 の各先端面がほぼ揃っており、この圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の実質的駆動部分 18 (一対の電極 28 及び 30 が圧電／電歪層 26 を間に挟んで重なる部分) が固定部 22 の外表面の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の外表面の一部にかけて連続的に形成されている。特に、この例では、一対の電極 28 及び 30 の各先端面が可動部 20 の内壁 20 a よりもわずかに後端寄りに位置されている。もちろん、前記実質的駆動部分 18 が可動部 20 の一部から薄板部 16 a 及び 16 b の一部にかけて位置するように圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を形成するようにしてもよい。

【0053】そして、上述の第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A においては、図 1 に示すように、可動部 20 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b が形成されて構成されている。各端面 36 a 及び 36 b は、可動部 20 の側面、即ち、素子形成面にほぼ平行な面であって、可動部 20 の上面から孔部 12 にかけて互いに分離されている。このとき、例えば図 12 に示すように、可動部 20 の中心軸 n から各端面 36 a 及び 36 b までの距離 D a 及び D b をほぼ等しくすることが好ましい。

【0054】また、これら端面 36 a 及び 36 b の間には、例えば図 1 に示すように、空隙 (空気) 38 を介在させるようにしてもよいし、図 9 に示す第 7 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A g や、図 12 に示すように、これら端面 36 a 及び 36 b の間に前記可動部 20 の構成部材とは異なる部材、例えば樹脂等からなる部材 40 を介在させるようにしてもよい。

【0055】ところで、第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A において、一対の電極 28 及び 30 への電圧の印加は、各電極 28 及び 30 のうち、それぞれ固定部 22 の両側面 (素子形成面) 上に形成された端子 (パッド) 32 及び 34 を通じて行われるようになっている。各端子 32 及び 34 の位置は、一方の電極 28 に対応する端子 32 が固定部 22 の後端寄りに形成され、外部空間側の他方の電極 30 に対応する端子 34 が固定部 22 の内壁 22 a 寄りに形成されている。

【0056】この場合、圧電／電歪デバイス 10 A の固定を、端子 32 及び 34 が配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス 10 A の固定と、回路と端子 32 及び 34 間の電氣的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路 (FPC とも称される)、フレキシブルフラットケーブル

ル (FFC とも称される)、ワイヤボンディング等によって端子 32 及び 34 と回路との電氣的接続が行われる。

【0057】圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の構成としては、図 1 に示す構成のほか、図 2 に示す第 1 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A a のように、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を構成する一対の電極 28 及び 30 の各先端部を揃え、圧電／電歪層 26 の先端部のみを可動部 20 側に突出させるようにしてもよく、また、図 3 に示す第 2 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A b のように、一方の電極 28 と圧電／電歪層 26 の各先端部を揃え、他方の電極 30 の先端部のみを固定部 22 寄りに位置させるようにしてもよい。この図 3 に示す圧電／電歪デバイス 10 A b においては、可動部 20 の代わりに固定部 22 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を設けた例を示す。

【0058】その他、図 4 に示す第 3 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A c のように、一方の電極 28 及び圧電／電歪層 26 の各先端部を可動部 20 の側面にまで延ばし、他方の電極 30 の先端部を薄板部 16 a 及び 16 b の長さ方向 (Z 軸方向) のほぼ中央に位置させるようにしてもよい。

【0059】上述の例では、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を、1 層構造の圧電／電歪層 26 と一対の電極 28 及び 30 で構成するようにしたが、その他、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b を、圧電／電歪層 26 と一対の電極 28 及び 30 の複数を積層形態にして構成することも好ましい。

【0060】例えば図 5 に示す第 4 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A d のように、圧電／電歪層 26 並びに一対の電極 28 及び 30 をそれぞれ多層構造とし、一方の電極 28 と他方の電極 30 をそれぞれ交互に積層して、これら一方の電極 28 と他方の電極 30 が圧電／電歪層 26 を間に挟んで重なる部分 (実質的駆動部分 18) が多段構成とされた圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b としてもよい。この図 5 では、圧電／電歪層 26 を 3 層構造とし、1 層目の下面 (薄板部 16 a 及び 16 b の側面) と 2 層目の上面に一方の電極 28 をそれぞれ分離して形成し、1 層目の上面と 3 層目の上面に他方の電極 30 をそれぞれ分離して形成し、更に、一方の電極 28 の各端部にそれぞれ端子 32 a 及び 32 b を設け、他方の電極 30 の各端部にそれぞれ端子 34 a 及び 34 b を設けた例を示している。

【0061】また、図 6 に示す第 5 の変形例に係る圧電／電歪デバイス 10 A e のように、圧電／電歪層 26 並びに一対の電極 28 及び 30 をそれぞれ多層構造とし、一方の電極 28 と他方の電極 30 を断面はほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一方の電極 28 と他方の電極 30 が圧電／電歪層 26 を間に挟んで重なる部分 (実質的駆動部分 18) が多段構成とされた

圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。この図6では、圧電／電歪層26を3層構造とし、一方の電極28が1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30が1層目の上面と3層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。この構成の場合、一方の電極28同士並びに他方の電極30同士をそれぞれつなぎ共通化することで、図5の構成と比べて端子32及び34の数を減らすことができるため、圧電／電歪素子24a及び24bの多層化に伴うサイズの大型化を抑えることができる。

【0062】また、図7に示すように、前記第5の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Aeの他の例において、圧電／電歪素子24a及び24bを、その先端部が薄板部16a及び16b上にとどまるように形成するようにしてもよい。図7の例では、圧電／電歪素子24a及び24bの先端部が薄板部の長さ方向ほぼ中央部に位置された例を示す。この場合、可動部20を大きく変位させることができるという利点がある。

【0063】また、図8に示す第6の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Afのように、2つの多段構成の圧電／電歪素子24a1及び24b1をそれぞれ固定部22と薄板部16a及び16bとを跨るように形成し、他の2つの多段構成の圧電／電歪素子24a2及び24b2をそれぞれ可動部20と薄板部16a及び16bとを跨るように形成するようにしてもよい。この場合、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造にする効果と、可動部20を変位させるための作用点が増えるという効果により、可動部20をきわめて大きく変位させることができ、また、高速応答性にも優れたものになり、好ましい。

【0064】また、図9に示す第7の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Agのように、圧電／電歪層26を2層構造とし、一方の電極28が1層目の下面（薄板部16a及び16bの側面）と2層目の上面に位置するように櫛歯状に形成され、他方の電極30が1層目の上面に位置するように形成された多段構成の圧電／電歪素子24a及び24bとしてもよい。この例では、可動部20の端面36a及び36b間に可動部20とは異なる部材が充填されている。

【0065】このような圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造とすることにより、圧電／電歪素子24a及び24bの発生力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10A自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

【0066】なお、段数を多くすれば、駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実際に実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、この第1の実施の形態に係る圧

電／電歪デバイス10Aでは、圧電／電歪素子24a及び24bを多段構造にして駆動力を上げても、基本的に薄板部16a及び16bの幅（Y軸方向の距離）は不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。また、センサ（例えば加速度センサ）として使用する場合においても、多段構造とすることにより、静電容量が増加し、発生電荷が増加するため、センサが発生する電気信号のレベルが大きくなり、センサの後段に接続される信号処理回路での処理が容易になるという利点がある。

【0067】上述の圧電／電歪素子24a及び24bにおいては、一对の電極28及び30間に圧電／電歪層26を介在させたいわゆるサンドイッチ構造で構成した場合を示したが、その他、図10に示すように、少なくとも薄板部16a及び16bの側面に形成された圧電／電歪層26の一主面に櫛型の一对の電極28及び30を形成するようにしてもよいし、図11に示すように、少なくとも薄板部16a及び16bの側面に形成された圧電／電歪層26に櫛型の一对の電極28及び30を埋め込んで形成するようにしてもよい。

【0068】図10に示す構造の場合、消費電力を低く抑えることができるという利点があり、図11に示す構造の場合は、歪み、発生力の大きな電界方向の逆圧電効果を効果的に利用できる構造であることから、大変位の発生に有利になる。

【0069】具体的には、図10に示す圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電／電歪層26の一主面に櫛型構造の一对の電極28及び30が形成されてなり、一方の電極28及び他方の電極30が互い違いに一定の幅の間隙29をもって相互に対向する構造を有する。図10では、一对の電極28及び30を圧電／電歪層26の一主面に形成した例を示したが、その他、薄板部16a及び16bと圧電／電歪層26との間に一对の電極28及び30を形成するようにしてもよいし、圧電／電歪層26の一主面並びに薄板部16a及び16bと圧電／電歪層26との間にそれぞれ櫛型の一对の電極28及び30を形成するようにしてもよい。

【0070】一方、図11に示す圧電／電歪素子24a及び24bは、圧電／電歪層26に埋め込まれるように、櫛型構造の一对の電極28及び30が形成され、一方の電極28及び他方の電極30が互い違いに一定の幅の間隙29をもって相互に対向する構造を有する。

【0071】このような図10及び図11に示す圧電／電歪素子24a及び24bも第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aに好適に用いることができる。図10及び図11に示す圧電／電歪素子24a及び24bのように、櫛型の一对の電極28及び30を用いる場合は、各電極28及び30の櫛歯のピッチDを小さくす

ることで、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の変位を大きくすることが可能である。

【0072】ここで、この第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A の動作について説明する。まず、例えば2つの圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が自然状態、即ち、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b が共に変位動作を行っていない場合は、図 12 に示すように、圧電／電歪デバイス 10 A の長軸（固定部 22 の長軸）m と可動部 20 の中心軸 n とがほぼ一致している。

【0073】この状態から、例えば図 13 A の波形図に示すように、一方の圧電／電歪素子 24 a における一対の電極 28 及び 30 に所定のバイアス電位 V b を有するサイン波 W a をかけ、図 13 B に示すように、他方の圧電／電歪素子 24 b における一対の電極 28 及び 30 に前記サイン波 W a とはほぼ 180° 位相の異なるサイン波 W b をかける。

【0074】そして、一方の圧電／電歪素子 24 a における一対の電極 28 及び 30 に対して例えば最大値の電圧が印加された段階においては、一方の圧電／電歪素子 24 a における圧電／電歪層 26 はその主面方向に収縮変位する。これにより、例えば図 14 に示すように、一方の薄板部 16 a に対し、矢印 A で示すように、該薄板部 16 a を例えば右方向に撓ませる方向の応力が発生することから、該一方の薄板部 16 a は右方向に撓み、このとき、他方の圧電／電歪素子 24 b における一対の電極 28 及び 30 には、電圧は印加されていない状態となるため、他方の薄板部 16 b は一方の薄板部 16 a の撓みに追従して右方向に撓む。その結果、可動部 20 は、圧電／電歪デバイス 10 A の長軸 m に対して例えば右方向に変位する。なお、変位量は、各圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b に印加される電圧の最大値に応じて変化し、例えば最大値が大きくなるほど変位量も大きくなる。

【0075】特に、圧電／電歪層 26 の構成材料として、高い抗電界を有する圧電／電歪材料を適用した場合には、図 13 A 及び図 13 B の二点鎖線の波形に示すように、最小値のレベルが僅かに負のレベルとなるように、前記バイアス電位を調整するようにしてもよい。この場合、該負のレベルが印加されている圧電／電歪素子（例えば他方の圧電／電歪素子 24 b）の駆動によって、例えば他方の薄板部 16 b に一方の薄板部 16 a の撓み方向と同じ方向の応力が発生し、可動部 20 の変位量をより大きくすることが可能となる。つまり、図 13 A 及び図 13 B における一点鎖線で示すような波形を使用することで、負のレベルが印加されている圧電／電歪素子 24 b 又は 24 a が、変位動作の主体となっている圧電／電歪素子 24 a 又は 24 b をサポートするという機能を持たせることができる。

【0076】なお、図 8 に示す圧電／電歪デバイス 10 A f の例では、対角線上に配置された例えば圧電／電歪

素子 24 a 1 と圧電／電歪素子 24 b 2 に、図 13 A に示す電圧（サイン波 W a 参照）が印加され、他の圧電／電歪素子 24 a 2 と圧電／電歪素子 24 b 1 に、図 13 B に示す電圧（サイン波 W b 参照）が印加される。

【0077】このように、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A においては、圧電／電歪素子 24 a 及び 24 b の微小な変位が薄板部 16 a 及び 16 b の撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部 20 に伝達することになるため、可動部 20 は、圧電／電歪デバイス 10 A の長軸 m に対して大きく変位させることが可能となる。

【0078】特に、この第1の実施の形態では、可動部 20 に互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を設けるようにしている。この場合、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の間を空隙 38 にしたり、前記互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の間に可動部 20 の構成部材よりも軽い部材 40 を介在させることで、可動部 20 の軽量化を有効に図ることができ、可動部 20 の変位量を低下させることなく、共振周波数を高めることが可能となる。

【0079】ここで、周波数とは、一対の電極 28 及び 30 に印加する電圧を交差的に切り換えて、可動部 20 を左右に変位させたときの電圧波形の周波数を示し、共振周波数とは、所定の正弦波電圧を印加した際に可動部 20 の変位振幅が最大となる周波数を示す。

【0080】また、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10 A においては、一対の薄板部 16 a 及び 16 b が金属製であって、他の可動部 20 及び固定部 22 がセラミック製とされたハイブリッド構造となっており、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電／電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、有害な振動（例えば、高速作動時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

【0081】更に、この第1の実施の形態においては、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の間を空隙 38 とした場合、一方の端面 36 a を含む可動部 20 の一部 20 A と、他方の端面 36 b を含む可動部 20 の別の一部 20 B とが撓みやすくなり、変形に強くなる。そのため、圧電／電歪デバイス 10 A のハンドリング性に優れることとなる。

【0082】また、前記互いに対向する端面 36 a 及び 36 b の存在により、可動部 20 又は固定部 22 の表面積が大きくなる。従って、図 1 に示すように、互いに対向する端面 36 a 及び 36 b を有する可動部 20 とした場合は、可動部 20 に他の部品を取り付ける場合に、その取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。ここで、部品を例えば接着剤等によって固着する場合を考えると、接着剤は可動部 20 の一主面（部品取付面）のほか端面 36 a 及び 36 b に

まで行き渡ることとなるため、接着剤の塗布不足等を解消することが可能となり、部品を確実に固着することができる。

【0083】この一例として、図15に、本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス（一方の圧電／電歪デバイス10A1）の可動部20に別の本実施の形態に係る圧電／電歪デバイス（他方の圧電／電歪デバイス10A2）を固着した場合を示す。

【0084】一方の圧電／電歪デバイス10A1は、その固定部22が接着剤120を介して基板122の表面に固着されている。この一方の圧電／電歪デバイス10A1の可動部20には、他方の圧電／電歪デバイス10A2の固定部22が接着剤124を介して固着されている。即ち、2つの圧電／電歪デバイス10A1及び10A2が直列に配置された構成となっている。なお、他方の圧電／電歪デバイス10A2における可動部20の互いに対向する端面36a及び36b間には可動部20とは異なる軽量な部材126が介在されている。

【0085】この場合、一方の圧電／電歪デバイス10A1における可動部20の端面36a及び36bの間にまで、他方の圧電／電歪デバイス10A2を固着するための接着剤124が行き渡っており、これにより、他方の圧電／電歪デバイス10A2は一方の圧電／電歪デバイス10A1に対して強固に固着されることになる。また、このように圧電／電歪デバイス10A2を接着すれば、接着と同時に端面36a及び36b間に可動部20とは異なる軽量な部材（この例では接着剤124）を介在させることができるため、製造工程が簡略化できるという利点がある。

【0086】一方、図3に示すように、互いに対向する端面36a及び36bを有する固定部22とした場合は、前述した可動部20に互いに対向する端面36a及び36bを有する場合の効果に加え、この第2の変形例に係る圧電／電歪デバイス10Abを所定の固定部分に強固に固定することが可能となり、信頼性の向上を図ることができる。

【0087】また、この第1の実施の形態においては、一対の電極28及び30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分（実質的駆動部分18）を固定部22の一部から薄板部16a及び16bの一部にかけて連続的に形成するようにしている。実質的駆動部分18を更に可動部20の一部にかけて形成した場合、可動部20の変位動作が前記実質的駆動部分18によって制限され、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この第1の実施の形態では、前記実質的駆動部分18を可動部20にかけないように形成しているため、可動部20の変位動作が制限されるという不都合が回避され、可動部20の変位量を大きくすることができる。

【0088】逆に、可動部20の一部に圧電／電歪素子24a及び24bを形成する場合は、前記実質的駆動部

分18が可動部20の一部から薄板部16a及び16bの一部にかけて位置させるように形成することが好ましい。これは、実質的駆動部分18が固定部22の一部にまでわたって形成されると、上述したように、可動部20の変位動作が制限されるからである。

【0089】次に、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aの好ましい構成例について説明する。

【0090】まず、可動部20の変位動作を確実なものとするために、圧電／電歪素子24a及び24bの実質的駆動部分18が固定部22もしくは可動部20にかかる距離gを薄板部16a及び16bの厚みdの1/2以上とすることが好ましい。

【0091】そして、薄板部16a及び16bの内壁間の距離（X軸方向の距離）aと薄板部16a及び16bの幅（Y軸方向の距離）bとの比a/bが0.5～2.0となるように構成する。前記比a/bは、好ましくは1～1.5とされ、更に好ましくは1～1.0とされる。この比a/bの規定値は、可動部20の変位量を大きくし、X-Z平面内での変位を支配的に得られることの発見に基づく規定である。

【0092】一方、薄板部16a及び16bの長さ（Z軸方向の距離）eと薄板部16a及び16bの内壁間の距離aとの比e/aにおいては、好ましくは0.5～1.0とされ、更に好ましくは0.5～5とすることが望ましい。

【0093】更に、孔部12にゲル状の材料、例えばシリコンゲルを充填することが好ましい。通常は、充填材の存在によって、可動部20の変位動作が制限を受けることになるが、この第1の実施の形態では、可動部20への端面36a及び36bの形成に伴う軽量化や可動部20の変位量の増大化を図るようにしているため、前記充填材による可動部20の変位動作の制限が打ち消され、充填材の存在による効果、即ち、高共振周波数化や剛性の確保を実現させることができる。

【0094】また、可動部20の長さ（Z軸方向の距離）fは、短いことが好ましい。短くすることで軽量化と共振周波数の増大が図られるからである。しかしながら、可動部20のX軸方向の剛性を確保し、その変位を確実なものとするためには、薄板部16a及び16bの厚みdとの比f/dを2以上、好ましくは5以上とすることが望ましい。

【0095】なお、各部の実寸法は、可動部20への部品の取り付けのための接合面積、固定部22を他の部材に取り付けるための接合面積、電極用端子などの取り付けのための接合面積、圧電／電歪デバイス10A全体の強度、耐久度、必要な変位量並びに共振周波数、そして、駆動電圧等を考慮して定められることになる。

【0096】具体的には、例えば薄板部16a及び16bの内壁間の距離aは、100μm～2000μmが好ましく、更に好ましくは200μm～1600μmであ

る。薄板部16a及び16bの幅bは、 $50\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ である。薄板部16a及び16bの厚みdは、Y軸方向への変位成分である偏り変位が効果的に抑制できるように、薄板部16a及び16bの幅bとの関係において $b>d$ とされ、かつ、 $2\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $10\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ である。

【0097】薄板部16a及び16bの長さeは、 $200\mu\text{m}\sim 3000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $300\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ である。可動部20の長さfは、 $50\mu\text{m}\sim 2000\mu\text{m}$ が好ましく、更に好ましくは $100\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ である。

【0098】このような構成にすることにより、X軸方向の変位に対してY軸方向の変位が10%を超えないが、上述の寸法比率と実寸法の範囲で適宜調整を行うことで低電圧駆動が可能で、Y軸方向への変位成分を5%以下に抑制できるというきわめて優れた効果を示す。つまり、可動部20は、実質的にX軸方向という1軸方向に変位することになり、しかも、高速応答性に優れ、相対的に低電圧で大きな変位を得ることができる。

【0099】また、この圧電/電歪デバイス10Aにおいては、デバイスの形状が従来のような板状（変位方向に直交する方向の厚みが小さい形状）ではなく、可動部20と固定部22が概ね直方体の形状を呈しており、可動部20と固定部22の側面が連続するように一対の薄板部16a及び16bが設けられているため、圧電/電歪デバイス10AのY軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

【0100】即ち、この圧電/電歪デバイス10Aでは、平面内（XZ平面内）における可動部20の動作のみを選択的に発生させることができ、可動部20のYZ面内の動作（いわゆる偏り方向の動作）を抑制することができる。

【0101】次に、この第1の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Aの各構成要素について説明する。

【0102】可動部20は、上述したように、薄板部16a及び16bの駆動量に基づいて作動する部分であり、圧電/電歪デバイス10Aの使用目的に応じて種々の部材が取り付けられる。例えば、圧電/電歪デバイス10Aを変位素子として使用する場合であれば、光シャッタの遮蔽板等が取り付けられ、特に、ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めやリング抑制機構に使用するのであれば、磁気ヘッド、磁気ヘッドを有するスライダ、スライダを有するサスペンション等の位置決めを必要とする部材が取り付けられる。

【0103】固定部22は、上述したように、薄板部16a及び16b並びに可動部20を支持する部分であり、例えば前記ハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決めを利用する場合には、VCM（ボイスコイルモータ）に取り付けられキャリッジアーム、該キャリッジ

アームに取り付けられた固定プレート又はサスペンション等に固定部22を支持固定することにより、圧電/電歪デバイス10Aの全体が固定される。また、この固定部22には、図1に示すように、圧電/電歪素子24a及び24bを駆動するための端子32及び34やその他の部材が配置される場合もある。

【0104】可動部20及び固定部22を構成する材料としては、剛性を有する限りにおいて特に限定されないが、後述するセラミックグリーンシート積層法を適用できるセラミックスを好適に用いることができる。具体的には、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニアをはじめとするジルコニア、アルミナ、マグネシア、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化チタンを主成分とする材料等のほか、これらの混合物を主成分とした材料が挙げられるが、機械的強度や靱性が高い点において、ジルコニア、特に安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料が好ましい。また、金属材料においては、剛性を有する限り、限定されないが、ステンレス鋼、ニッケル、黄銅、白銅、青銅等が挙げられる。

【0105】前記安定化ジルコニア並びに部分安定化ジルコニアにおいては、次のように安定化並びに部分安定化されたものが好ましい。即ち、ジルコニアを安定化並びに部分安定化させる化合物としては、酸化イットリウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム、酸化カルシウム、及び酸化マグネシウムがあり、少なくともそのうちの1つの化合物を添加、含有させることにより、ジルコニアは部分的にあるいは完全に安定することになるが、その安定化は、1種類の化合物の添加のみならず、それら化合物を組み合わせて添加することによっても、目的とするジルコニアの安定化は可能である。

【0106】なお、それぞれの化合物の添加量としては、酸化イットリウムや酸化イッテルビウムの場合にあっては、1～30モル%、好ましくは1.5～10モル%、酸化セリウムの場合にあっては、6～50モル%、好ましくは8～20モル%、酸化カルシウムや酸化マグネシウムの場合にあっては、5～40モル%、好ましくは5～20モル%とすることが望ましいが、その中でも特に酸化イットリウムを安定化剤として用いることが好ましく、その場合においては、1.5～10モル%、更に好ましくは2～4モル%とすることが望ましい。また、焼結助剤等の添加物としてアルミナ、シリカ、遷移金属酸化物等を0.05～20wt%の範囲で添加することが可能であるが、圧電/電歪素子24a及び24bの形成手法として、膜形成法による焼成一体化を採用する場合は、アルミナ、マグネシア、遷移金属酸化物等を添加物として添加することも好ましい。

【0107】なお、機械的強度と安定した結晶相が得られるように、ジルコニアの平均結晶粒子径を0.05～3 μm 、好ましくは0.05～1 μm とすることが望ま

しい。また、上述のように、薄板部16a及び16bについては、可動部20並びに固定部22と同様のセラミックスを用いることができるが、好ましくは、実質的に同一の材料を用いて構成することが、接合部分の信頼性、圧電／電歪デバイス10Aの強度、製造の煩雑さの低減を図る上で有利である。

【0108】薄板部16a及び16bは、上述したように、圧電／電歪素子24a及び24bの変位により駆動する部分である。薄板部16a及び16bは、可撓性を有する薄板状の部材であって、表面に配設された圧電／電歪素子24a及び24bの伸縮変位を屈曲変位として増幅して、可動部20に伝達する機能を有する。従って、薄板部16a及び16bの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、可動部20の応答性、操作性を考慮して適宜選択することができる。

【0109】薄板部16a及び16bの厚みdは、 $2\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ 程度とすることが好ましく、薄板部16a及び16bと圧電／電歪素子24a及び24bとを合わせた厚みは $7\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ とすることが好ましい。電極28及び30の厚みは $0.1\sim 50\mu\text{m}$ 、圧電／電歪層26の厚みは $3\sim 300\mu\text{m}$ とすることが好ましい。また、薄板部16a及び16bの幅bとしては、 $50\mu\text{m}$ ～ $2000\mu\text{m}$ が好適である。

【0110】一方、薄板部16a及び16bの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、金属が好ましく採用される。この場合、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料、具体的には、ヤング率 100GPa 以上の金属材料であればよい。

【0111】好ましくは、鉄系材料としては、SUS301、SUS304、AISI653、SUH660等のオーステナイト系ステンレス鋼、SUS430、434等のフェライト系ステンレス鋼、SUS410、SUS630等のマルテンサイト系ステンレス鋼、SUS631、AISI632等のセミオーステナイト系等のステンレス鋼、マルエージングステンレス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましい。また、非鉄系材料としては、チタン－ニッケル合金をはじめとする超弾性チタン合金、黄銅、白銅、アルミニウム、タングステン、モリブデン、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金、チタン等で構成することが望ましい。

【0112】薄板部16a及び16bとして、可動部20や固定部22と同様に、セラミックスを用いる場合はジルコニアが好適である。中でも安定化ジルコニアを主成分とする材料と部分安定化ジルコニアを主成分とする材料は、薄肉であっても機械的強度が大きいこと、韌性が高いこと、圧電／電歪層26や電極材との反応性が小さいことから最も好適に用いられる。

【0113】圧電／電歪素子24a及び24bは、少な

くとも圧電／電歪層26と、該圧電／電歪層26に電界をかけるための一対の電極28及び30を有するものであり、ユニモルフ型、バイモルフ型等の圧電／電歪素子を用いることができるが、薄板部16a及び16bと組み合わせたユニモルフ型の方が、発生する変位量の安定性に優れ、軽量化に有利であるため、このような圧電／電歪デバイス10Aに適している。

【0114】例えば、図1に示すように、一方の電極28、圧電／電歪層26及び他方の電極30が層状に積層された圧電／電歪素子等を好適に用いることができるほか、図5～図9に示すように、多段構成にしてもよい。この場合、電極28及び30を構成する膜（電極膜）の位置ずれ、即ち、1層おきの例えば電極28の垂直投影面における面方向の位置ずれが $50\mu\text{m}$ 以下となっている。これは電極30も同様である。

【0115】前記圧電／電歪素子24a及び24bは、図1に示すように、圧電／電歪デバイス10Aの外面側に形成する方が薄板部16a及び16bをより大きく駆動させることができる点で好ましいが、使用形態などに応じて、圧電／電歪デバイス10Aの内面側、即ち、孔部12の内壁面に形成してもよく、圧電／電歪デバイス10Aの外面側、内面側の双方に形成してもよい。

【0116】圧電／電歪層26には、圧電セラミックスが好適に用いられるが、電歪セラミックスや強誘電体セラミックス、あるいは反強誘電体セラミックスを用いることも可能である。但し、この圧電／電歪デバイス10Aをハードディスクドライブの磁気ヘッドの位置決め等に用いる場合は、可動部20の変位量と駆動電圧又は出力電圧とのリニアリティが重要とされるため、歪み履歴の小さい材料を用いることが好ましく、抗電界が 10kV/mm 以下の材料を用いることが好ましい。

【0117】具体的な材料としては、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、アンチモンズ酸鉛、マンガンタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛、チタン酸バリウム、チタン酸ナトリウムビスマス、ニオブ酸カリウムナトリウム、タンタル酸ストロンチウムビスマス等を単独であるいは混合物として含有するセラミックスが挙げられる。

【0118】特に、高い電気機械結合係数と圧電定数を有し、薄板部16a及び16bをセラミックスとし、圧電／電歪層26を一体焼成する場合には、薄板部16a及び16b（セラミックス）との反応性が小さく、安定した組成のものが得られる点において、ジルコン酸鉛、チタン酸鉛、及びマグネシウムニオブ酸鉛を主成分とする材料、もしくはチタン酸ナトリウムビスマスを主成分とする材料が好適に用いられる。

【0119】更に、前記材料に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン、セリウム、

カドミウム、クロム、コバルト、アンチモン、鉄、イットリウム、タンタル、リチウム、ビスマス、スズ等の酸化物あるいは最終的に酸化物となる少なくとも1つの成分を含む化合物等を単独で、もしくは混合したセラミックスを用いてもよい。

【0120】例えば、主成分であるジルコン酸鉛とチタン酸鉛及びマグネシウムニオブ酸鉛に、ランタンやストロンチウムを含有させることにより、抗電界や圧電特性を調整可能となる等の利点を得られる場合がある。

【0121】なお、シリカ等のガラス化し易い材料の添加は避けることが望ましい。なぜならば、シリカ等の材料は、圧電／電歪層の熱処理時に、圧電／電歪材料と反応し易く、その組成を変動させ、圧電特性を劣化させるからである。

【0122】一方、圧電／電歪素子24a及び24bの一对の電極28及び30は、室温で固体であり、導電性に優れた金属で構成されていることが好ましく、例えばアルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等の金属単体、もしくはこれらの合金が用いられ、更に、これらに圧電／電歪層26と同じ材料あるいは違う材料のセラミックスを分散させたサーメット材料を用いてもよい。

【0123】圧電／電歪素子24a及び24bにおける電極28及び30の材料選定は、圧電／電歪層26の形成方法に依存して決定される。例えば薄板部16a及び16b上に一方の電極28を形成した後、該一方の電極28上に圧電／電歪層26を焼成により形成する場合は、一方の電極28には、圧電／電歪層26の焼成温度においても変化しない白金、パラジウム、白金-パラジウム合金、銀-パラジウム合金等の高融点金属を使用する必要があるが、圧電／電歪層26を形成した後に、該圧電／電歪層26上に形成される最外層に位置する場合の他方の電極30は、低温で電極形成を行うことができるため、アルミニウム、金、銀等の低融点金属を使用することができる。

【0124】前記積層型圧電／電歪素子24が薄板部16a及び16bに対して接着剤202で貼り合わされる場合は、圧電／電歪層26と電極28及び30（電極膜）とは多層に積層されて一体にされた後、一括に焼成されることが好ましく、その際の電極28及び30は白金、パラジウム、それらの合金等の高融点金属を使用する。また、電極28及び30は、高融点金属と圧電／電歪材料、あるいは他のセラミックスとの混合物であるサーメットとすることが好ましい。

【0125】また、電極28及び30の厚みは、少なからず圧電／電歪素子24a及び24bの変位を低下させる要因ともなるため、特に圧電／電歪層26の焼成後に形成される電極には、焼成後に緻密でより薄い膜が得ら

れる有機金属ペースト、例えば金レジネートペースト、白金レジネートペースト、銀レジネートペースト等の材料を用いることが好ましい。

【0126】次に、第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aのいくつかの製造方法を図16A～図23を参照しながら説明する。

【0127】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aは、薄板部16a及び16bを金属製とし、可動部20及び固定部22の構成材料をセラミックスとしている。従って、圧電／電歪デバイス10Aの構成要素として、薄板部16a及び16b並びに圧電／電歪素子24a及び24bを除く、固定部22及び可動部20についてはセラミックグリーンシート積層法を用いて製造することが好ましく、一方、圧電／電歪素子24a及び24bをはじめとして、各端子32及び34については、薄膜や厚膜等の膜形成手法を用いて製造することが好ましい。

【0128】そして、可動部20及び固定部22の側面に対する薄板部16a及び16bの固着は接着剤200による固着が好ましく、薄板部16a及び16b上への圧電／電歪素子24a及び24bの固着は接着剤202による固着が好ましい。

【0129】圧電／電歪デバイス10Aの可動部20や固定部22を一体的に成形することが可能なセラミックグリーンシート積層法によれば、各部材の接合部の経時的な状態変化がほとんど生じないため、接合部位の信頼性が高く、かつ、剛性確保に有利な方法である。

【0130】この第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aでは、薄板部16a及び16bと固定部22との境界部分並びに薄板部16a及び16bと可動部20との境界部分は、変位発現の支点となるため、これら境界部分の信頼性は圧電／電歪デバイス10Aの特性を左右する重要なポイントである。

【0131】また、以下に示す製造方法は、生産性や成形性に優れるため、所定形状の圧電／電歪デバイスを短時間に、かつ、再現性よく得ることができる。

【0132】以下、具体的に第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aの第1の製造方法について説明する。ここで、定義付けをしておく。セラミックグリーンシートを積層して得られた積層体をセラミックグリーン積層体158（例えば図16B参照）と定義し、このセラミックグリーン積層体158を焼成して一体化したものをセラミック積層体160（例えば図17A参照）と定義し、セラミック積層体160と金属板を貼り合わせたものをハイブリッド積層体162（図18参照）と定義し、このハイブリッド積層体162から不要な部分を切除して可動部20、薄板部16a及び16b並びに固定部22が一体化されたものを基体14D（図19参照）と定義する。

【0133】また、この第1の製造方法においては、最

最終的にハイブリッド積層体 162 をチップ単位に切断して、圧電／電歪デバイス 10A を多数個取りするものであるが、説明を簡単にするために、圧電／電歪デバイス 10A の 1 個取りを主体にして説明する。

【0134】まず、ジルコニア等のセラミック粉末にバインダ、溶剤、分散剤、可塑剤等を添加混合してスラリーを作製し、これを脱泡処理後、リバースロールコート法、ドクターブレード法等の方法により、所定の厚みを有するセラミックグリーンシートを作製する。

【0135】次に、金型を用いた打抜き加工やレーザ加工等の方法により、セラミックグリーンシートを図 16A のような種々の形状に加工して、複数枚の基体形成用のセラミックグリーンシート、具体的には、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部 54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50A～50D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互に対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 を形成するための窓部 100 とが連続形成されたセラミックグリーンシート 102 とを用意する。

【0136】その後、図 16B に示すように、セラミックグリーンシート 50A～50D 及び 102 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。この積層にあたってはセラミックグリーンシート 102 を中央に位置させて積層する。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 17A に示すように、セラミック積層体 160 を得る。このとき、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 による孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0137】次に、図 17B に示すように、別体として構成した圧電／電歪素子 24a 及び 24b をそれぞれ薄板部となる金属板 152A 及び 152B の表面にエポキシ系接着剤 202 で接着する。

【0138】次に、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系の接着剤 200 で接着し、ハイブリッド積層体 162（図 18 参照）とする。

【0139】次に、図 18 に示すように、圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成されたハイブリッド積層体 162 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、ハイブリッド積層体 162 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 19 に示すように、基体 14D のうち、金属板で構成された薄板部 16a 及び 16b に圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成され、かつ、互に対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 が形成された第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10A を得る。

【0140】一方、第 2 の製造方法は、まず、図 20A に示すように、少なくとも後に孔部 12 を形成する窓部

54 が形成された複数枚（例えば 4 枚）のセラミックグリーンシート 50A～50D と、後に孔部 12 を形成する窓部 54 と互に対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 を形成するための窓部 100 とが連続形成されたセラミックグリーンシート 102 とを用意する。

【0141】その後、図 20B に示すように、セラミックグリーンシート 50A～50D 及び 102 を積層・圧着して、セラミックグリーン積層体 158 とする。その後、セラミックグリーン積層体 158 を焼成して、図 21A に示すように、セラミック積層体 160 を得る。このとき、セラミック積層体 160 には、窓部 54 及び 100 による孔部 130 が形成されたかたちとなる。

【0142】次に、図 21B に示すように、金属板 152A 及び 152B でセラミック積層体 160 を挟み込むように、かつ、孔部 130 を塞ぐようにして、これら金属板 152A 及び 152B をセラミック積層体 160 にエポキシ系の接着剤 200 で接着し、ハイブリッド積層体 162 とする。このとき、接着した金属板 152A 及び 152B の表面に圧電／電歪素子 24a 及び 24b を貼り合わせる際に、十分な接着圧力がかけられるように、図 21A に示すように、必要に応じて、孔部 130 に充填材 164 を充填する。

【0143】充填材 164 は、最終的には除去する必要があるため、溶剤等に溶解しやすく、また、硬い材料であることが好ましく、例えば有機樹脂やワックス、ロウなどが挙げられる。また、アクリル等の有機樹脂にセラミック粉末をフィラーとして混合した材料を採用することもできる。

【0144】次に、図 21B に示すように、ハイブリッド積層体 162 における金属板 152A 及び 152B の表面に、別体として形成した圧電／電歪素子 24a 及び 24b をエポキシ系の接着剤 202 で接着する。別体の圧電／電歪素子 24a 及び 24b は、例えばセラミックグリーンシート積層法、印刷多層法により形成することができる。

【0145】次に、図 22 に示すように、圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成されたハイブリッド積層体 162 のうち、切断線 C1、C2、C5 に沿って切断することにより、ハイブリッド積層体 162 の側部と先端部を切除する。この切除によって、図 23 に示すように、基体 14D のうち、金属板で構成された薄板部 16a 及び 16b に圧電／電歪素子 24a 及び 24b が形成され、かつ、互に対向する端面 36a 及び 36b を有する可動部 20 が形成された第 1 の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス 10A を得る。

【0146】また、基体部をすべて金属とする場合には、例えば図 17A におけるセラミック積層体 160 に相当する部位を鋳造により形成するほか、バルク状部材を研削加工、ワイヤ放電加工、金型打抜き加工、ケミカ

ルエッチングの方法で形成したり、薄板状の金属を積層し、クラディング法により形成すればよい。

【0147】次に、第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bについて図24～図25を参照しながら説明する。

【0148】この第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bは、図24に示すように、相対向する一对の薄板部16a及び16bと、これら薄板部16a及び16bを支持する固定部22とを具備し、前記一对の薄板部16a及び16bのうち、一方の薄板部16aに積層型圧電／電歪素子24が配設されて構成されている。

なお、積層型圧電／電歪素子24は構造が複雑であるため、図24及び図25において、簡略化して示し、図26～図29において、その詳細な拡大図を示してある。

【0149】一对の薄板部16a及び16bの各後端部の間には、固定部22が例えば接着剤200によって固着され、一对の薄板部16a及び16bの各先端部は開放端となっている。

【0150】一对の薄板部16a及び16bにおける各先端部の間には、例えば図25に示すように、上述の可動部20、あるいは種々の部材や部品が例えば接着剤200を介して固着される。図25の例では、一对の薄板部16a及び16bにおける各先端部の間に、固定部22と同一の部材で構成された可動部20を接着剤200を介して固着した例を示す。

【0151】一对の薄板部16a及び16bは、それぞれ金属にて構成され、固定部22や可動部20については、セラミックスもしくは金属を用いて構成される。特に、図24や図25の例では、一对の薄板部16a及び16bのうち、積層型圧電／電歪素子24が形成される一方の薄板部16aの厚みが他方の薄板部16bの厚みよりも大とされている。

【0152】また、積層型圧電／電歪素子24は、薄板部16aに対して有機樹脂、ガラス、ロウ付け、半田付け、共晶接合等の接着剤202で貼り付けられる。即ち、金属製の薄板部16aに前記積層型圧電／電歪素子24が接着剤202を介して固着されることによって、圧電／電歪デバイス10Bの駆動源であるアクチュエータ部204が構成されることになる。

【0153】そして、この圧電／電歪デバイス10Bは、アクチュエータ部204の駆動によって薄板部16a(図25の例では16a及び16b)における先端部(可動部20が取り付けられた部分)が変位する。あるいは薄板部16aにおける先端部の変位がアクチュエータ部(センサとして使用する場合はドランスデューサ部)204を通じて電氣的に検出されることになる。この場合、センサとして利用されることになる。

【0154】積層型圧電／電歪素子24は、例えば図26に示すように、圧電／電歪層26並びに一对の電極28及び30をそれぞれ多層構造とし、一方の電極28と

他方の電極30をそれぞれ交互に積層して、これら一方の電極28と他方の電極30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分が多段構成とされている。

【0155】図26では、圧電／電歪層26並びに一对の電極28及び30をそれぞれ多層構造とし、一方の電極28と他方の電極30を断面はほぼ櫛歯状となるようにそれぞれ互い違いに積層し、これら一方の電極28と他方の電極30が圧電／電歪層26を間に挟んで重なる部分が多段構成とされている。

【0156】詳しくは、前記積層型圧電／電歪素子24は、ほぼ直方体形状を呈し、複数の圧電／電歪層26と電極膜28及び30から構成されている。そして、各圧電／電歪層26の上下面に接する電極膜28及び30が互い違いに反対の端面208及び209にそれぞれ導出され、当該互い違いの反対の端面208及び209に導出された各電極膜28及び30を電氣的に接続する端面電極28c及び30cが、最外層の圧電／電歪層26の表面に設けられ、かつ、所定距離Dkだけ離れて配置された端子部28b及び30bに電氣的に接続されている。

【0157】前記端子部28b及び30b間の所定距離Dkは、20μm以上であることが好ましい。また、圧電／電歪層26の上下面に接する電極膜28及び30の材質と端面電極28c及び30cの材質を異ならせるようにしてもよい。また、少なくとも一方の端子部(図26の例では、端子部28b)と該端子部28bと対応する端面電極28cとを、これら端子部28bや端面電極28cより薄い薄膜の電極膜(外表面電極)28dで電氣的に接続するようにしてもよい。

【0158】また、圧電／電歪層26の焼成後に形成される表面の電極膜28d、端面電極28c及び30c、端子部28b及び30bは、圧電／電歪層26の焼成前に形成される、あるいは同時に焼成される電極膜28及び30よりも薄く、また、耐熱性の低いものとしてもよい。

【0159】この図26では、圧電／電歪層26を5層構造とし、一方の電極28を1層目の上面と3層目の上面と5層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30を2層目の上面と4層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。

【0160】また、図28では、圧電／電歪層26を同じく5層構造とし、一方の電極28を1層目の上面と3層目の上面と5層目の上面に位置するように櫛歯状に形成し、他方の電極30を1層目の下面と2層目の上面と4層目の上面に位置するように櫛歯状に形成した例を示している。

【0161】これらの構成の場合、一方の電極28同士並びに他方の電極30同士をそれぞれつなぎ共通化することで、端子の数の増加を抑制することができるため、積層型圧電／電歪素子24を用いたことによるサイズの

大型化を抑えることができる。

【0162】このように積層型圧電／電歪素子24を用いることにより、アクチュエータ部204の駆動力が増大し、もって大変位が図られると共に、圧電／電歪デバイス10B自体の剛性が増すことで、高共振周波数化が図られ、変位動作の高速化が容易に達成できる。

【0163】なお、段数を多くすれば、アクチュエータ部204の駆動力の増大は図られるが、それに伴い消費電力も増えるため、実施する場合には、用途、使用状態に応じて適宜段数等を決めればよい。また、この第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bでは、積層型圧電／電歪素子24を用いることによって、アクチュエータ部204の駆動力を上げて、基本的に薄板部16a及び16bの幅（Y軸方向の距離）bは不変であるため、例えば非常に狭い間隙において使用されるハードディスク用磁気ヘッドの位置決め、リング制御等のアクチュエータに適用する上で非常に好ましいデバイスとなる。

【0164】ここで、薄板部16aに対する積層型圧電／電歪素子24の形成位置に関しては、前記積層型圧電／電歪素子24を構成する多層体の先端面208が、平面的に少なくとも固定部22を含まない位置（図25の例では、可動部20と固定部22との間に形成される孔に含まれる位置）で、前記積層型圧電／電歪素子24を構成する多層体の後端面209が、平面的に少なくとも固定部22を含む位置であって、電極28の端部28aは平面的に少なくとも固定部22を含む位置であって、電極30の端部30aは平面的に固定部22を含まない位置（図25の例では、同じく可動部20と固定部22との間に形成される孔に含まれる位置）に形成されることが好ましい。

【0165】なお、一対の電極28及び30への電圧の印加は、5層目の圧電／電歪層26上に形成された各電極28及び30の端部（端子部28b及び30b）を通じて行われるようになっている。各端子部28b及び30bは電氣的に絶縁できる程度に離間して形成されている。

【0166】端子部28b及び30bの所定間隔Dkは、20 μ m以上が好ましく、更に、端子部28b及び30bの厚みが1 μ m～30 μ mの場合は、50 μ m以上が好ましい。また、端子部28b及び30bは、内部電極28及び30と同じ材質であっても異なる材質であっても構わない。例えば、圧電／電歪層26と同時に焼成する場合は、同じ材質とし、別焼成では異なる材質とすればよい。

【0167】端面電極28c及び30cは、内部電極28及び30並びに圧電／電歪層26の焼成後、これらの端面を研削、研磨等して内部電極と端面電極とを電氣的に接続することが好ましい。端面電極28c及び30cの材質も内部電極28及び30と同じであってもよい

し、異なってもよい。例えば、内部電極28及び30には白金ペースト、外表面電極28dには金レジネート、端面電極28c及び30c並びに端子部28b及び30bには金ペーストを利用することが好ましいが、上述した第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Aとはほぼ同じ構成をとることもできる。

【0168】この場合、圧電／電歪デバイス10Bの固定を、端子部28b及び30bが配置された面とは別の面を利用してそれぞれ別個に行うことができ、結果として、圧電／電歪デバイス10Bの固定と、回路と端子部28b及び30b間の電氣的接続の双方に高い信頼性を得ることができる。この構成においては、フレキシブルプリント回路、フレキシブルフラットケーブル、ワイヤボンディング等によって端子部28b及び30bと回路との電氣的接続が行われる。

【0169】このように、第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bにおいては、アクチュエータ部204を、金属製の薄板部16a上に接着剤202を介して積層型圧電／電歪素子24を固着させて構成するようにしているため、積層型圧電／電歪素子24の平面上の面積を広げなくても薄板部16a（及び16b）を大きく変位させることができ、しかも、薄板部16a（及び16b）が金属製であるため、強度や靱性に優れ、急激な変位動作にも対応できる。

【0170】つまり、この第2の実施の形態では、使用環境の変動や過酷な使用状態においても十分に対応でき、耐衝撃性に優れ、圧電／電歪デバイス10Bの長寿命化、ハンドリング性の向上を図ることができ、しかも、相対的に低電圧で薄板部16a（及び16b）を大きく変位させることができると共に、薄板部16a（及び16b）の剛性が高く、またアクチュエータ部204の膜厚が厚く、剛性が高いため、薄板部16a（及び16b）の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができる。

【0171】通常、薄板部16aと、歪み変形する積層型圧電／電歪素子24とを組み合わせたアクチュエータ部204において、これを高速に駆動するにはアクチュエータ部204の剛性を高めることが必要であり、大きな変位を得るにはアクチュエータ部204の剛性を低めることが必要である。

【0172】しかし、この第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイス10Bにおいては、アクチュエータ部204を構成する薄板部16a及び16bを対向させて一対の薄板部16a及び16bとし、この一対の薄板部16a及び16bの各後端部の間に固定部22を接着剤200により固着し、積層型圧電／電歪素子24を多段構造とし、当該積層型圧電／電歪素子24の位置及び構成部材の材質、大きさを適宜選択して、圧電／電歪デバイス10Bを構成するようにしたので、上述のような相反する特性を両立させることが可能となり、前記一対の薄

板部16a及び16bの開放端の間に固定部22と実質的に同程度の大きさの物体が介在する場合の構造体の最小共振周波数が20kHz以上であって、前記物体と固定部22との相対変位量が、前記共振周波数の1/4以下の周波数で実体的な印加電圧30Vで0.5μm以上とすることが可能となる。

【0173】その結果、一对の薄板部16a及び16bを大きく変位させることができると共に、圧電/電歪デバイス10B、特に、一对の薄板部16a及び16bの変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができる。

【0174】また、この第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bにおいては、積層型圧電/電歪素子24の微小な変位が薄板部16a及び16bの撓みを利用して大きな変位動作に増幅されて、可動部20に伝達することになるため、可動部20は、圧電/電歪デバイス10Bの長軸m（図14参照）に対して大きく変位させることが可能となる。

【0175】また、この第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bにおいては、すべての部分を脆弱で比較的重い材料である圧電/電歪材料によって構成する必要がないため、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れ、動作上、有害な振動（例えば、高速動作時の残留振動やノイズ振動）の影響を受け難いという利点を有する。

【0176】また、図24に示すように、一对の薄板部16a及び16bの先端部を開放端としているため、この圧電/電歪デバイス10Bに種々の部材や部品を取り付ける場合に、前記一对の薄板部16a及び16bの先端部を利用することができ、これら先端部で部材や部品を挟み込むようにして取り付けることができる。この場合、部材や部品の取付面積を大きくとることができ、部品の取付性を向上させることができる。しかも、取り付けられる部材や部品が一对の薄板部16a及び16b内に含まれる形になるため、部材や部品を取り付けた後の圧電/電歪デバイスのY方向の大きさを小さくすることができ、小型化において有利となる。

【0177】もちろん、図25に示すように、一对の薄板部16a及び16bにおける各先端部の間に可動部20を固着した場合は、可動部20の一面に種々の部材や部品が例えば接着剤を介して固着されることになる。

【0178】また、この第2の実施の形態においては、前記積層型圧電/電歪素子24を構成する多層体の先端面208が平面的に少なくとも固定部22を含まない位置で、前記多層体の後端面209が、平面的に少なくとも固定部22を含む位置であって、電極28の端部28aは平面的に少なくとも固定部22を含む位置であって、電極30の端部30aは平面的に固定部22を含まない位置に形成するようにしている。

【0179】例えば一对の電極28及び30の各端部

を、可動部20に含まれる位置に形成した場合、一对の薄板部16a及び16bの変位動作が積層型圧電/電歪素子24によって制限され、大きな変位を得ることができなくなるおそれがあるが、この第2の実施の形態では、上述の位置関係としているため、可動部20の変位動作が制限されるという不都合が回避され、一对の薄板部16a及び16bの変位量を大きくすることができる。

【0180】次に、第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bの好ましい構成例について説明する。好ましい構成例については、上述した第1の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Aとはほぼ同じであるため、この第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bに特有の好ましい構成例のみ説明する。

【0181】まず、この第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bにおいては、該圧電/電歪デバイス10Bの形状が従来のような板状ではなく、可動部20を設けた場合、可動部20と固定部22が直方体の形状を呈しており、可動部20と固定部22の側面が連続するように一对の薄板部16a及び16bが設けられて、矩形の環状構造となっているため、圧電/電歪デバイス10BのY軸方向の剛性を選択的に高くすることができる。

【0182】即ち、この圧電/電歪デバイス10Bでは、平面内（XZ平面内）における可動部20の動作のみを選択的に発生させることができ、一对の薄板部16a及び16bのYZ面内の動作（いわゆる偏り方向の動作）を抑制することができる。

【0183】薄板部16a及び16bは金属であることが望ましく、固定部22や可動部20は異種材料であってもよいが、金属であることがより好ましい。薄板部16a及び16bと固定部22、薄板部16a及び16bと可動部20とは、有機樹脂、ろう材、半田等で接着してもよいが、金属間で拡散接合あるいは溶接させた一体構造がより好ましい。更に、冷間圧延加工された金属を利用すると、転位が多く存在することから高強度であり、更に望ましい。

【0184】また、この第2の実施の形態では、一方の薄板部16aのみに積層型圧電/電歪素子24を形成するようにしたので、図30に示すように、一对の薄板部16a及び16bにそれぞれ圧電/電歪素子24a及び24bを形成したもの（変形例）と比して安価に作製することができる。更に、この第2の実施の形態では、可動部20を固着した状態で見た場合、積層型圧電/電歪素子24が形成された厚みの大きい薄板部16aが直接変位し、これに連動して積層型圧電/電歪素子24が形成されていない厚みの薄い薄板部16bが変位することになるため、より大きく変位させることができる。

【0185】また、薄板部16aへの積層型圧電/電歪素子24の形成は、薄板部16aに積層型圧電/電歪素

子24を有機樹脂、ロウ材、半田等で接着させることにより実現させることができるが、低温で接着させる場合は、有機樹脂が望ましく、高温で接着させてもよい場合は、ロウ材、半田、ガラス等が好ましい。しかし、薄板部16aと積層型圧電/電歪素子24と接着剤202は、一般に熱膨張率が異なることが多いため、積層型圧電/電歪素子24に熱膨張率の差による応力を生じさせないようにするために、接着温度は低いことが望ましい。有機樹脂であれば、概ね180℃以下の温度で接着が可能であるため、好ましく採用される。更に好ましくは、室温硬化型の接着剤を用いることが望ましい。また、薄板部16a及び16bと圧電/電歪素子24との固定が、固定部22、可動部20と薄板部16a及び16bとの固定後あるいは同時固定の場合、固定部22あるいは可動部20が開放型の構造であれば、異種材料間に発生する歪みを効果的に低減することができる。

【0186】積層型圧電/電歪素子24に熱応力を及ぼさないようにするために、積層型圧電/電歪素子24と薄板部16aとの接着は、有機樹脂で行い、薄板部16a及び16bと固定部22や可動部20の固定は別工程にすることが好ましい。

【0187】また、図31に示すように、積層型圧電/電歪素子24の一部が固定部22に位置する場合において、一对の薄板部16a及び16bにおける可動部20との境界部分と固定部22との境界部分との間の最短距離をL_a、可動部20と薄板部16aとの境界部分から積層型圧電/電歪素子24の一对の電極28及び30におけるいずれかの端部28a又は30aまでの距離のうち、最も短い距離をL_bとしたとき、 $(1-L_b/L_a)$ が0.4以上であることが好ましく、0.5~0.8がより好ましい。0.4以下の場合、変位を大きくとれない。0.5~0.8の場合は、変位と共振周波数の両立が達成しやすいが、この場合、一方の薄板部16aにのみ積層型圧電/電歪素子24が形成された構造のものがより適している。これは、積層型圧電/電歪素子24の一部が可動部20に位置する場合においても同様である。

【0188】積層型圧電/電歪素子24の総厚は、40μm以上とすることが好ましい。40μm未満であると、積層型圧電/電歪素子24を薄板部16aに接着することが困難である。また、前記総厚は180μm以下が望ましい。180μmを超過すると、圧電/電歪デバイス10Bの小型化が困難となる。

【0189】積層型圧電/電歪素子24のうち、薄板部16aと接する部分は、接着剤202としてロウ材や半田等の金属を利用する場合、図28や図29に示すように、濡れ性の関係から最下層に電極膜が存在することが好ましい。図28や図29では、他方の電極30を構成する電極膜を配置した状態を示す。

【0190】また、図26や図28に示す積層型圧電/

電歪素子24を薄板部16aにロウ材や半田等の金属層を介して接着する場合は、図27や図29に示すように、積層型圧電/電歪素子24の下面うち、少なくとも一方の電極28が存在する角部を面取りすることが好ましい。これは、一对の電極28及び30が金属層及び薄板部16aを通じて短絡するのを防止するためである。図27は、一对の電極28及び30が存在する2つの角部を面取りした例を示し、図29は一方の電極28が存在する角部を面取りした例を示す。

【0191】薄板部16aに積層型圧電/電歪素子24を接着するための接着剤202や薄板部16a及び16bを固定部22等に接着するための接着剤200としては、エポキシ、イソシアネート系のような2液型の反応性接着剤、シアノアクリレート系等の瞬間接着剤、エチレン-酢酸ビニル共重合体等のホットメルト接着剤等であるが、特に、薄板部16aに積層型圧電/電歪素子24を接着するための接着剤202としては、硬度がショアDで80以上のものが好ましい。

【0192】また、薄板部16a及び16bと積層型圧電/電歪素子24(24a及び24b)とを接着する接着剤202としては、金属、セラミックス等のフィラーを含有した有機接着剤とすることが望ましい。この場合、接着剤202の厚みは、100μm以下の厚みにすることが望ましい。フィラーを含有させることで、実質的な樹脂分の厚みが小さくなることと、接着剤の硬度を高く保つことができるからである。

【0193】接着剤200及び202としては、上述の有機接着剤のほか、無機接着剤でもよく、この無機接着剤としては、ガラス、セメント、半田、ロウ材等がある。

【0194】一方、薄板部16a及び16bの形状や材質は、可撓性を有し、屈曲変形によって破損しない程度の機械的強度を有するものであれば足り、金属が好ましく採用される。この場合、前述のとおり、可撓性を有し、屈曲変形が可能な金属材料、具体的には、ヤング率100GPa以上の金属材料であればよい。

【0195】好ましくは、鉄系材料としては、SUS301、SUS304、AISI653、SUH660等のオーステナイト系ステンレス鋼、SUS430、434等のフェライト系ステンレス鋼、SUS410、SUS630等のマルテンサイト系ステンレス鋼、SUS631、AISI632等のセミオーステナイト系等のステンレス鋼、マルエージングステンレス鋼、各種バネ鋼鋼材で構成することが望ましい。また、非鉄系材料としては、チタン-ニッケル合金をはじめとする超弾性チタン合金、黄銅、白銅、アルミニウム、タングステン、モリブデン、ベリリウム銅、リン青銅、ニッケル、ニッケル鉄合金、チタン等で構成することが望ましい。

【0196】次に、第2の実施の形態に係る圧電/電歪デバイス10Bを作製するためのいくつかの製造方法を

図32～図40を参照しながら説明する。

【0197】第3の製造方法は、まず、図32に示すように、縦1.6mm×横10mm×厚み0.9mmのステンレス板250の中央部に縦1mm×横8mmの矩形状の孔252を穿設して、該孔252の両側にそれぞれ支持部254及び256が配された矩形の環状構造を有する基体258を作製する。

【0198】その後、図33に示すように、縦1.6mm×横10mm×厚み0.05mmの第1のステンレス薄板260と、縦1.6mm×横10mm×厚み0.02mmの第2のステンレス薄板262（図35参照）を用意する。

【0199】その後、図33に示すように、第1のステンレス薄板260の上面のうち、積層型圧電／電歪素子24が形成される部分に接着剤202（例えばエポキシ樹脂製接着剤）をスクリーン印刷によって形成する。その後、図34に示すように、第1のステンレス薄板260に接着剤202を介して積層型圧電／電歪素子24を接着する。

【0200】その後、図35に示すように、基体258の各支持部254及び256上に接着剤200（例えばエポキシ樹脂製接着剤）をスクリーン印刷によって形成する。

【0201】その後、各支持部254及び256の一方の面上に接着剤200を介して、すでに前記積層型圧電／電歪素子24が形成されている第1のステンレス薄板260を接着し、各支持部254及び256の他方の面上に接着剤200を介して第2のステンレス薄板262を接着し、更に、これら第1及び第2のステンレス薄板260及び262を基体258を挟む方向に加圧して、図36に示すデバイス原盤270を作製する。なお、加圧力は0.1～10kgf/cm²である。

【0202】その後、図36に示すように、デバイス原盤270を切断線272の部分で切断して、図25に示すような、個々の圧電／電歪デバイス10Bに分離する。この切断処理は、線径0.1mm、間隔0.2mmのワイヤソーを使って行った。ワイヤソーを使用することにより、それぞれ材料が異なるにも拘わらず、積層型圧電／電歪素子24の幅と薄板部16aの幅並びに接着剤200及び202の幅をほぼ同一に規定することができる。

【0203】次に、第4の製造方法は、図37に示すように、縦1.6mm×横10mm×厚み0.9mmのステンレス板250の中央部に縦1mm×横8mmの矩形状の孔252を穿設して、該孔252の両側にそれぞれ支持部254及び256が配された矩形の環状構造を有する基体258を作製する。

【0204】その後、基体258の各支持部254及び256上に接着剤200（例えばエポキシ樹脂製接着剤）をスクリーン印刷によって形成する。

【0205】その後、図38に示すように、各支持部254及び256の一方の面上に接着剤200を介して縦1.6mm×横10mm×厚み0.05mmの第1のステンレス薄板260を接着し、各支持部254及び256の他方の面上に接着剤200を介して縦1.6mm×横10mm×厚み0.02mmの第2のステンレス薄板262を接着し、更に、これら第1及び第2のステンレス薄板260及び262を基体258を挟む方向に加圧する。なお、加圧力は0.1～10kgf/cm²である。

【0206】その後、第1のステンレス薄板260の上面のうち、積層型圧電／電歪素子24が形成される部分に接着剤202（例えばエポキシ樹脂製接着剤）をスクリーン印刷によって形成する。

【0207】その後、図40に示すように、第1のステンレス薄板260に接着剤202を介して積層型圧電／電歪素子24を接着してデバイス原盤270を作製する。

【0208】その後、図36に示すように、デバイス原盤270を切断線272の部分で切断して、図25に示すような、個々の圧電／電歪デバイス10Bに分離する。

【0209】これら第3及び第4の製造方法にて作製された圧電／電歪デバイス10Bの一部（例えば固定部22）を固定し、積層型圧電／電歪素子24の一对の電極28及び30間にバイアス電圧15V、正弦波電圧±15Vを印加して、可動部20の変位を測定したところ、±1.2μmであった。また、正弦波電圧±0.5Vとして、周波数を掃引して変位の最大を示す最低共振周波数を測定したところ、50kHzであった。

【0210】上述の第3及び第4の製造方法では、基体258の構成として、後に可動部20となる支持部254と後に固定部22となる支持部256を有する矩形の環状構造としたが、その他、図41に示すように、孔252を広くし、第1及び第2のステンレス薄板260及び262を支持する枠状の部分254a（少なくとも後に可動部20が介在する部分の厚みを実質的に規定する部分）と後に固定部22となる支持部256を有する矩形の環状構造としてもよい。

【0211】この場合、基体258を第1及び第2のステンレス薄板260及び262で挟むように接着剤200を介して固着して図36に示すものと同様のデバイス原盤270を作製し、更に、図36で示すような切断線272に沿って切断することにより、例えば図44に示すように、薄板部16a及び16bの先端部間に可動部20が存在しない圧電／電歪デバイス10Bを作製することができる。

【0212】次に、上述した第3及び第4の製造方法とは異なる第5の製造方法について図42～図46を参照しながら説明する。

【0213】この第5の製造方法は、上述した第3及び第4の製造方法と同様に、第1のステンレス薄板260と第2のステンレス薄板262に、支持部254及び256を接着してデバイス原盤270を作製し、その後、個々の圧電／電歪デバイス10Bに分離する場合にも適用できるし、薄板部16a及び16bに積層型圧電／電歪素子24a及び24bを形成してなる各アクチュエータ部204に分離形成された単位を、同様に分離して用意された固定部22（及び適宜に可動部20）を固着することで圧電／電歪デバイス10Bを作製する場合にも適用できる。

【0214】以下の説明では、後に可動部20となる支持部254並びに可動部20を便宜的に「可動部20」と記し、後に固定部22となる支持部256並びに固定部22を便宜的に「固定部22」と記し、後に薄板部16a及び16bとなる第1及び第2のステンレス薄板260及び262並びに薄板部16a及び16bを便宜的に「薄板部16a及び16b」と記す。

【0215】そして、図42に示すように、固定部22及び可動部20に接着剤200を介して薄板部16a及び16bを接着する際に、流動性のある接着剤を用いる場合は、接着剤200の形成場所を規定するために、各薄板部16a並びに16bに段差280am及び280an並びに280bm及び280bnを設けることが好ましい。もちろん、粘性の高い接着剤を用いる場合は、このような段差を設ける必要はない。なお、段差280am及び280an並びに280bm及び280bnは、板状物の積層によって形成してもよい。

【0216】図43は、可動部20と各薄板部16a及び16bとの接着に用いる接着剤200として流動性の高い接着剤とし、固定部22と各薄板部16a及び16bとの接着に用いる接着剤200として粘性の高い接着剤を用いた場合であって、薄板部16a及び16bのうち、流動性の高い接着剤を用いる部分に段差280an及び280bnを設けた例を示す。

【0217】図44は、固定部22と薄板部16a及び16bとの接着に用いる接着剤200として粘性の高い接着剤を用いた場合を示し、上述のような段差280am及び280an並びに280bm及び280bnを設けていない構造を示す。

【0218】図45は、固定部22及び可動部20と薄板部16a及び16bとの接着に用いる接着剤200として共に流動性の高い接着剤を用いた場合であって、特に、薄板部16a並びに16bに接着剤200の形成領域を区画するための突起282am及び282an並びに282bm及び282bnを設けた例を示す。

【0219】図46に示すように、図42に示す例において、固定部22及び可動部20の大きさ、特に、固定部22における薄板部16a及び16bの段差280am及び280bmと対向する面の面積を段差280am

及び280bmの面積よりも大きくし、可動部20における薄板部16a及び16bの段差280an及び280bnと対向する面の面積を段差280am及び280bmの面積よりも大きくするようにしてもよい。これにより、例えば薄板部16a及び16bのうち、実質的な駆動部分（段差280am及び280an間の部分並びに段差280bm及び280bn間の部分）を、段差280am及び280bmによって規定することができる。図42に示すように、固定部22における各薄板部16a及び16bの段差280am及び280bmと対向する面の面積を段差280am及び280bmの面積とほぼ同じにし、可動部20における各薄板部16a及び16bの段差280an及び280bnと対向する面の面積を段差280an及び280bnの面積とほぼ同じにした場合は、固定部22と段差280am及び280bmとの大きさのばらつき並びに可動部20と段差280an及び280bnとの大きさのばらつきが前記実質的な駆動部分の長さに影響するおそれがある。なお、図46では、固定部22を可動部20に向けて大きくした例を示したが、その他、前記可動部20の方向とは反対方向である外方に向けて大きくするようにしてもよい。これは可動部20においても同様である。

【0220】図42～図46では、段差280am、280bm、280an及び280bnや突起282am、282bm、282an及び282bnと、薄板部16a及び16bとが一体化しているが、適宜加工した板を図19や図23と同様に、接着剤を介して積層して設けてもよい。一体化して設ける場合は、板部材をエッチングや切削等で薄くすることによって薄板部16a及び16bを形成すると同時に前記段差280am、280bm、280an及び280bnや突起282am、282bm、282an及び282bnを一体的に設けることができる。

【0221】なお、上述の例では、接着剤200及び202の形成をスクリーン印刷により行った例を示したが、その他、デッピング、ディスペンサ、転写等を用いることができる。

【0222】次に、例えば薄板部16aと積層型圧電／電歪素子24との間に介在する接着剤202並びに薄板部16a及び16bと可動部20及び固定部22との間に介在する接着剤200に関する様々な構成例について図47～図52を参照しながら説明する。

【0223】まず、図47に示す第1の手法においては、薄板部16aに多数の孔290を設け、これら孔290が設けられた部分に接着剤202を介して積層型圧電／電歪素子24を接着するようにする。この場合、孔290内に接着剤202が入り込むことから、接着面積が実質的に大きくなると共に、接着剤202の厚みを薄くすることが可能となる。前記接着剤202の厚みとしては、積層型圧電／電歪素子24の総厚の5%以下であ

って、薄板部16aと接着剤202の熱膨張率の差による熱ストレスを吸収できる程度の厚み以上であることが好ましい。

【0224】孔290の径としては、 $5\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ が好ましく、その配列パターンはマトリックス状でもよいし、千鳥配列でもよい。もちろん、複数の孔290を1列に配列させてもよい。孔290の配列ピッチとしては、 $10\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ が好ましい。また、孔290の代わりに凹部(穴)であってもよい。この場合、穴の径は、 $5\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ が好ましく、その配列パターンはマトリックス状でもよいし、千鳥配列でもよい。穴の配列ピッチとしては、 $10\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ が好ましい。特に、凹部(穴)の場合は、例えば平面矩形状とし、その開口面積を積層型圧電/電歪素子24の薄板部16aに対する投影面積よりも僅かに小さくするようにしてもよい。なお、薄板部16aに孔290や穴を形成する手法としては、例えばエッチングやレーザ加工、打抜き、ドリル加工、放電加工、超音波加工等を採用することができる。

【0225】図48に示す第2の手法においては、薄板部16aのうち、積層型圧電/電歪素子24が形成される部分の表面292を、ブラスト処理、エッチング処理あるいはめっき処理によって粗くする。この場合、積層型圧電/電歪素子24の下面294も粗くする。これにより、接着面積が実質的に大きくなるため、接着剤202の厚みを薄くすることが可能となる。

【0226】図48では、薄板部16aの表面と積層型圧電/電歪素子24の下面(薄板部16aと対向する面)を粗くした例を示したが、接着剤202との接着力が小さい方の面を粗くすればよく、例えば薄板部16aの表面のみを粗くしただけでも十分に効果がある。表面粗さとしては、例えば中心線平均粗さでみたとき、 $R_a = 0.1\mu\text{m}$ ～ $5\mu\text{m}$ が好ましく、より好ましくは、 $0.3\mu\text{m}$ ～ $2\mu\text{m}$ である。

【0227】図49に示す第3の手法においては、接着剤200のはみ出し形状、特に、薄板部16a及び16bの内壁、可動部20の内壁20a及び固定部22の内壁22aにて形成される孔(基体258の孔252)への接着剤200のはみ出し形状に曲率296を持たせるようにする。この場合、曲率半径を 0.05mm 以上とし、はみ出し形状が直線状になる、あるいは直線部分を含むようにすることが好ましい。接着剤200の前記はみ出し部分に対する曲率296の形成は、接着剤200の硬化前に例えば円筒状の心材を孔252に挿通させることで実現させることができる。実際には、接着剤200の物性、塗布量によって制御し、少なくともはみ出し形状が凸状にならないようにする。

【0228】これにより、可動部20の内壁20aや固定部22の内壁22a並びに各薄板部16a及び16bの内壁も接着面として利用されることから、接着面積が

大きくなり、接着強度を大きくすることができる。また、固定部22の内壁22aと各薄板部16a及び16bの内壁との接合部分(角部)への応力集中を効果的に分散させることができる。

【0229】図50に示す第4の手法は、可動部20の角部のうち、固定部22と対向する角部、及び/又は固定部22の角部のうち、可動部20と対向する角部をそれぞれ面取りしてテーパ面298とすることである。面取りの角度や曲率半径を適宜調整することにより、接着剤200のはみ出し量を安定化することができ、接着強度の局部的なばらつきを抑制することができ、歩留まりの向上を図ることができる。

【0230】前記角部を面取りする方法としては、例えば、組立前において、一方の支持部254と他方の支持部256の前記角部となる部分に対して事前に研削・研磨を行ってテーパ面298としておくことが好ましい。もちろん、組立後において、前記面取りを行ってもよい。この場合は、レーザ加工や超音波加工、サンドブラスト等が好ましく採用される。

【0231】図51に示す第5の手法は、例えば薄板部16a及び16bを作製する際に、通常、打抜き加工を行うが、この場合、バリ300が発生することになる。発生したバリ300を組立前に除去するようにしてもよいが、そのまま残すようにしてもよい。その場合、発生するバリ300の方向をハンドリングや各部材の接着方向、接着剤の量に対する制御の容易さ等を考慮して規定することが好ましい。図51の例では、薄板部16a及び16bのバリ300を外方に向けた状態を示す。

【0232】図52に示す第6の手法は、上述したように、一方の薄板部16aの厚みを、他方の薄板部16bの厚みよりも大きくする。そして、アクチュエータ部204並びにセンサとして使用する場合には、一方の薄板部16a上に積層型圧電/電歪素子24を形成することが好ましい。

【0233】なお、その他の手法としては、例えば積層型圧電/電歪素子24を薄板部16a及び16bに接着剤202を介して接着する際に、積層型圧電/電歪素子24の下面に例えば ZrO_2 層を下地層として介在させるようにしてもよい。

【0234】また、ステンレス薄板260及び262(図33等参照)を薄板部16a及び16bとして使用する場合は、薄板部16a及び16bの長手方向とステンレス薄板260及び262の冷間圧延方向とがほぼ一致するようにすることが好ましい。

【0235】なお、積層型圧電/電歪素子24を構成する圧電/電歪層26は、3層～10層ほど積層することが好ましい。

【0236】上述した圧電/電歪デバイス10A及び10Bによれば、各種トランスデューサ、各種アクチュエータ、周波数領域機能部品(フィルタ)、トランス、通

10

20

30

40

50

信用や動力用の振動子や共振子、発振子、ディスクリミネータ等の能動素子のほか、超音波センサや加速度センサ、角速度センサや衝撃センサ、質量センサ等の各種センサ用のセンサ素子として利用することができ、特に、光学機器、精密機器等の各種精密部品等の変位や位置決め調整、角度調整の機構に用いられる各種アクチュエータに好適に利用することができる。

【0237】なお、この発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【0238】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る圧電／電歪デバイス及びその製造方法によれば、圧電／電歪デバイスの長寿命化、ハンドリング性並びに可動部への部品の取付性又は圧電／電歪デバイスの固定性を向上させることができ、これにより、相対的に低電圧で可動部を大きく変位させることができると共に、圧電／電歪デバイス、特に、可動部の変位動作の高速化（高共振周波数化）を達成させることができ、しかも、有害な振動の影響を受け難く、高速応答が可能で、機械的強度が高く、ハンドリング性、耐衝撃性、耐湿性に優れた変位素子、並びに可動部の振動を精度よく検出することが可能なセンサ素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第1の変形例を示す斜視図である。

【図3】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第2の変形例を示す斜視図である。

【図4】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第3の変形例を示す斜視図である。

【図5】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第4の変形例を示す斜視図である。

【図6】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第5の変形例を示す斜視図である。

【図7】第5の変形例に係る圧電／電歪デバイスの他の例を示す斜視図である。

【図8】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第6の変形例を示す斜視図である。

【図9】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの第7の変形例を示す斜視図である。

【図10】圧電／電歪素子の他の例を一部省略して示す斜視図である。

【図11】圧電／電歪素子の更に他の例を一部省略して示す斜視図である。

【図12】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が共に変位動作を行っていない場合を示す説明図である。

【図13】図13Aは一方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図であり、図13Bは他方の圧電／電歪素子に印加される電圧波形を示す波形図である。

【図14】第1の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスにおいて、圧電／電歪素子が変位動作を行った場合を示す説明図である。

【図15】一方の圧電／電歪デバイスの可動部に他方の圧電／電歪デバイスを固着した場合を示す斜視図である。

【図16】図16Aは第1の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図16Bはセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図17】図17Aはセラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした状態を示す説明図であり、図17Bは別体として構成した圧電／電歪素子をそれぞれ薄板部となる金属板の表面に接着した状態を示す説明図である。

【図18】第1の製造方法において、金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図19】ハイブリッド積層体を所定の切断線に沿って切断して、第1の変形例に係る圧電／電歪デバイスを作製した状態を示す説明図である。

【図20】図20Aは第2の製造方法において、必要なセラミックグリーンシートの積層過程を示す説明図であり、図20Bはセラミックグリーン積層体とした状態を示す説明図である。

【図21】図21Aはセラミックグリーン積層体を焼成してセラミック積層体とした後、孔部に充填材を充填した状態を示す説明図であり、図21Bはそれぞれ薄板部となる金属板をセラミック積層体に接着してハイブリッド積層体とした状態を示す説明図である。

【図22】別体として構成した圧電／電歪素子をハイブリッド積層体の金属板の表面に接着した状態を示す説明図である。

【図23】ハイブリッド積層体を所定の切断線に沿って切断して、第1の変形例に係る圧電／電歪デバイスを作製した状態を示す説明図である。

【図24】第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの構成を示す斜視図である。

【図25】第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの他の構成を示す斜視図である。

【図26】積層型圧電／電歪素子の一構成例を示す拡大図である。

【図27】図26に示す積層型圧電／電歪素子の好ましい構成例を示す拡大図である。

【図28】積層型圧電／電歪素子の他の構成例を示す拡大図である。

【図29】図28に示す積層型圧電／電歪素子の好まし

い構成例を示す拡大図である。

【図30】第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの更に他の構成を示す斜視図である。

【図31】第2の実施の形態に係る圧電／電歪デバイスの好ましい寸法関係を示す説明図である。

【図32】第3の製造方法において、ステンレス板の中央部に矩形状の孔を穿設して矩形状の環状構造の基体を作製した状態を示す説明図である。

【図33】第1のステンレス薄板に接着剤を形成する状態を示す説明図である。

【図34】第1のステンレス薄板に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子を接着した状態を示す説明図である。

【図35】基体に接着剤を介して第1及び第2のステンレス薄板を接着する状態を示す説明図である。

【図36】作製されたデバイス原盤を切断する状態を示す説明図である。

【図37】第4の製造方法において、ステンレス板の中央部に矩形状の孔を穿設して矩形状の環状構造の基体を作製し、更に、該基体に接着剤を介して第1及び第2のステンレス薄板を接着する状態を示す説明図である。

【図38】基体に接着剤を介して第1及び第2のステンレス薄板を接着した状態を示す説明図である。

【図39】第1のステンレス薄板に接着剤を形成する状態を示す説明図である。

【図40】第1のステンレス薄板に接着剤を介して積層型圧電／電歪素子を接着した状態を示す説明図である。

【図41】他の例の基体に接着剤を介して第1及び第2のステンレス薄板を接着する状態を示す説明図である。

【図42】第5の製造方法において、各薄板部のうち、少なくとも固定部が接着される部分に段差を設けた例を示す説明図である。

【図43】第5の製造方法において、各薄板部のうち、少なくとも固定部が接着される部分に段差を設けない例を示す説明図である。

【図44】第5の製造方法において、各薄板部に段差を設けない例を示す説明図である。

*

*【図45】第5の製造方法において、各薄板部のうち、固定部が接着される部分に接着の区画を形成するための突起を設けた例を示す説明図である。

【図46】第5の製造方法において、固定部を大きくした例を示す説明図である。

【図47】第1の手法（薄板部に孔を設ける）を示す説明図である。

【図48】第2の手法（薄板部及び圧電／電歪素子の表面を粗くする）を示す説明図である。

10 【図49】第3の手法（接着剤のはみ出し部分に曲率を設ける）を示す説明図である。

【図50】第4の手法（固定部の角部を面取りする）を示す説明図である。

【図51】第5の手法（ばりを外方に向ける）を示す説明図である。

【図52】第6の手法（薄板部の厚みを変える）を示す説明図である。

【図53】従来例に係る圧電／電歪デバイスを示す構成図である。

20 【符号の説明】

10A、10Aa～10Ag、10A1、10A2、10B…圧電／電歪デバイス

12…孔部 16a、16b…薄板部

24…圧電／電歪素子 152A、152B…金属板

200、202…接着剤 204…アクチュエータ部

208…多層体の先端面 209…多層体の後端面

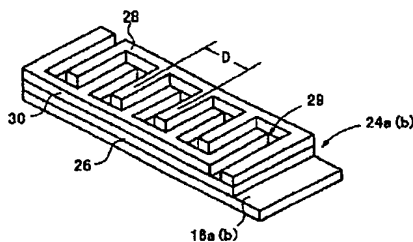
30 面 258…基体 270…デバイス原盤

280am、280bm、280an、280bn…段差

282am、282bm、282an、282bn…突起

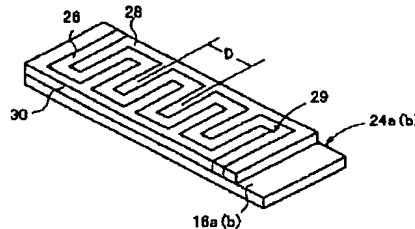
【図10】

FIG. 10



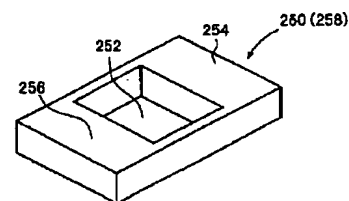
【図11】

FIG. 11

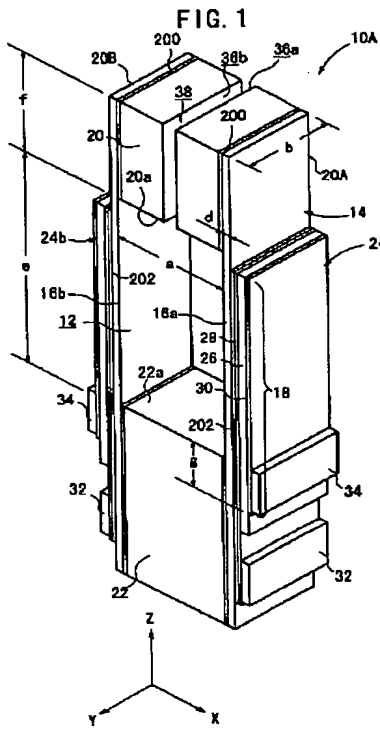


【図32】

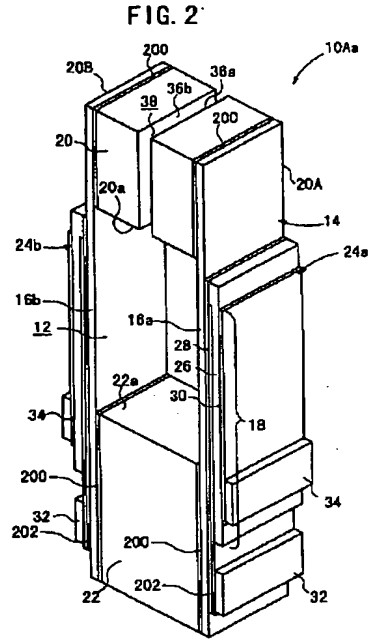
FIG. 32



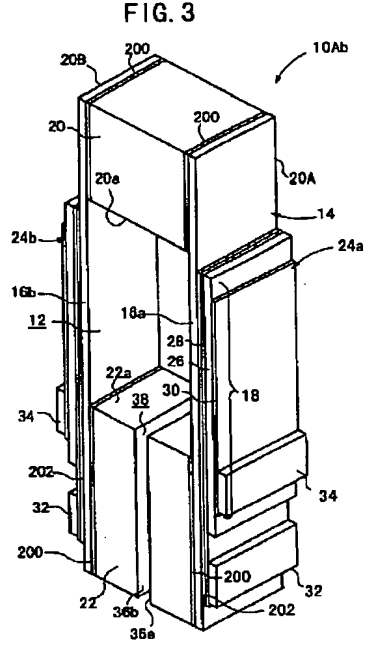
【図1】



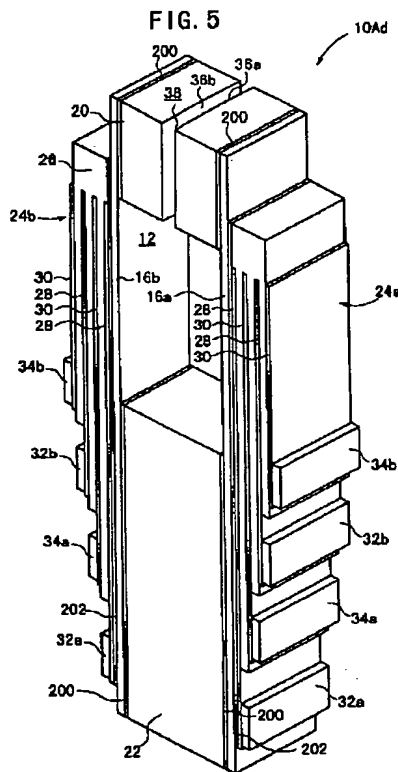
【図2】



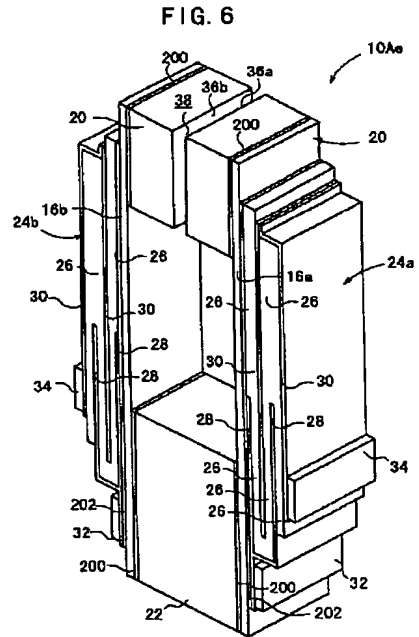
【図3】



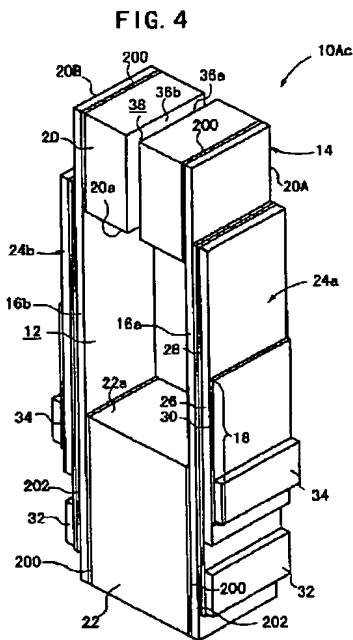
【図5】



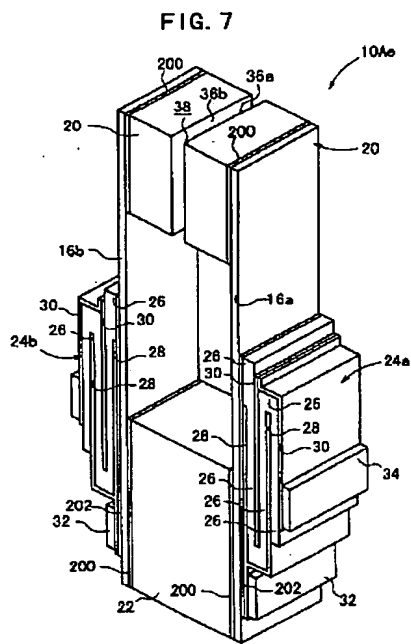
【図6】



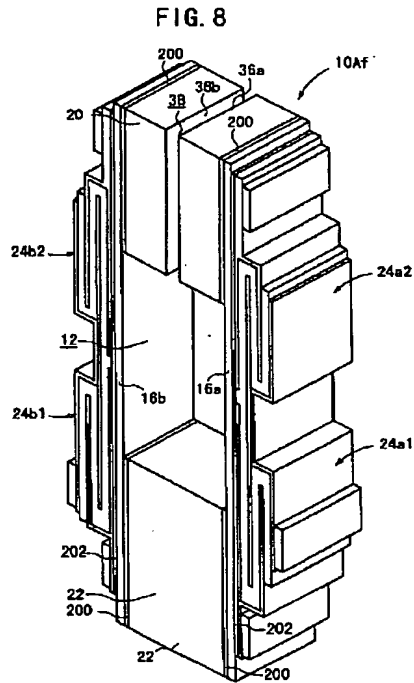
【図4】



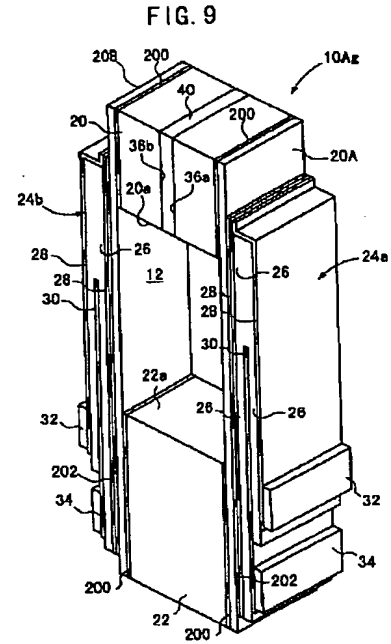
【圖 7】



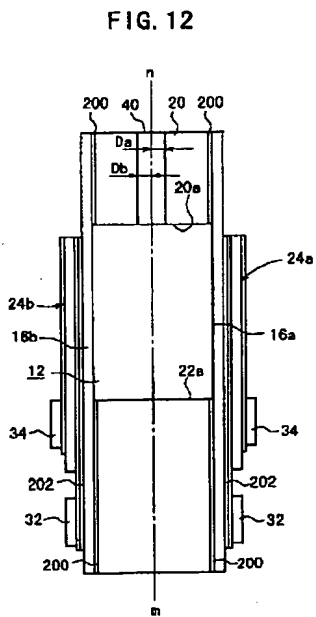
【图 8】



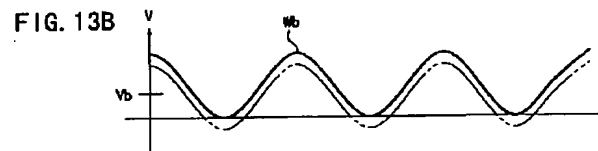
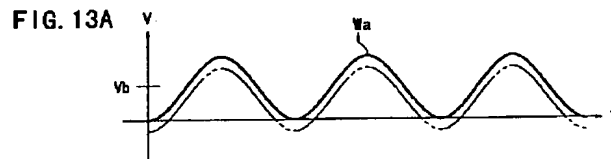
【図9】



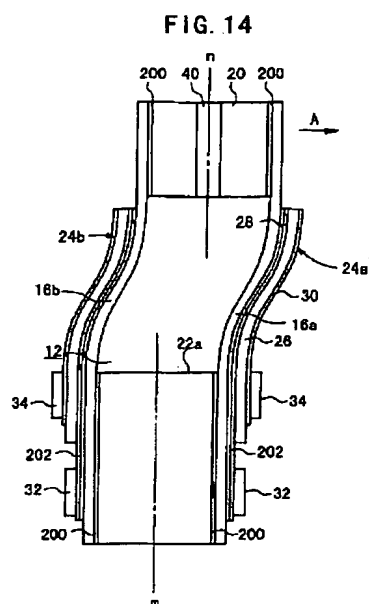
【圖 12】



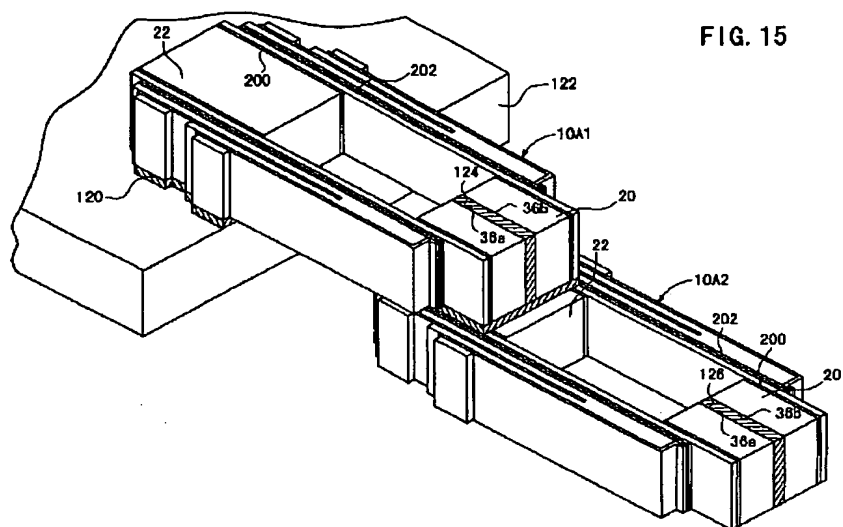
【圖 13】



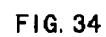
【图 14】



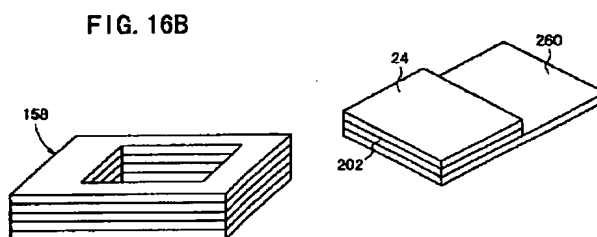
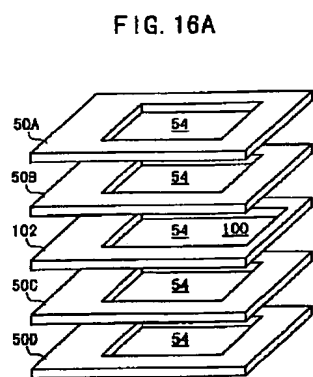
【圖 15】



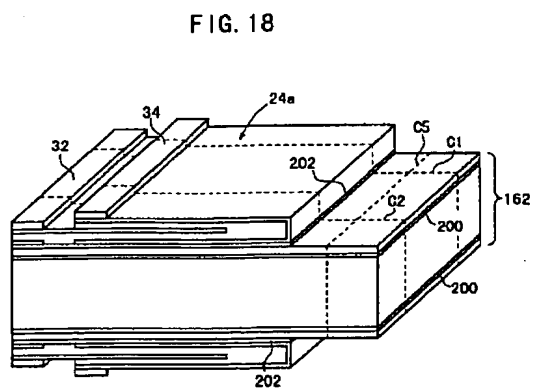
【圖 34】



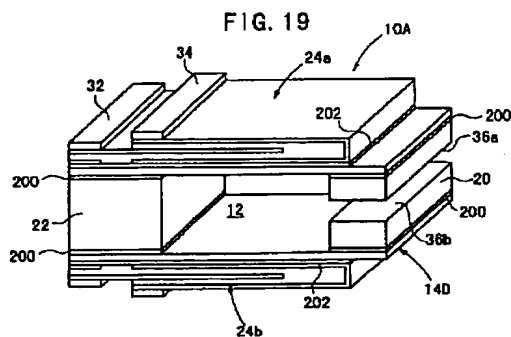
【圖 16】



【圖 18】

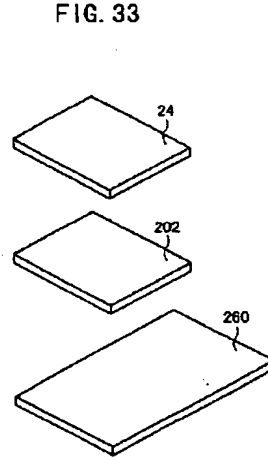
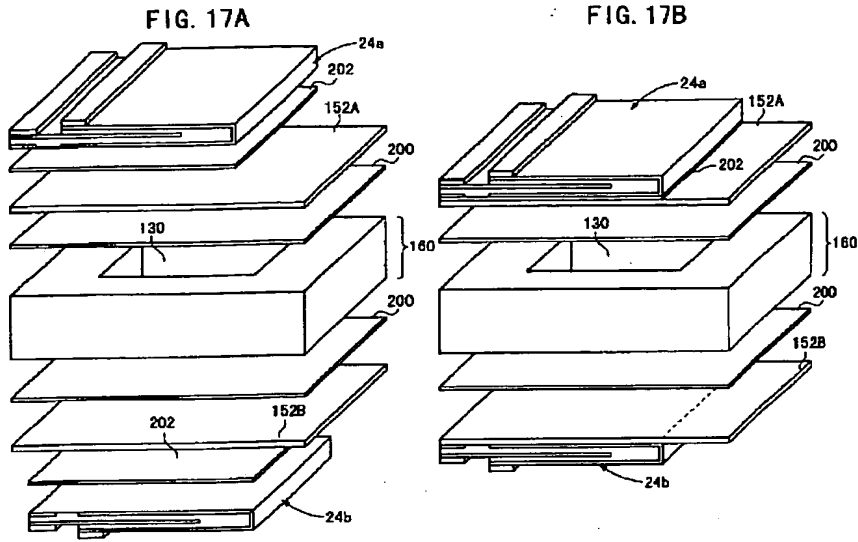


【圖 19】



【図17】

【図33】



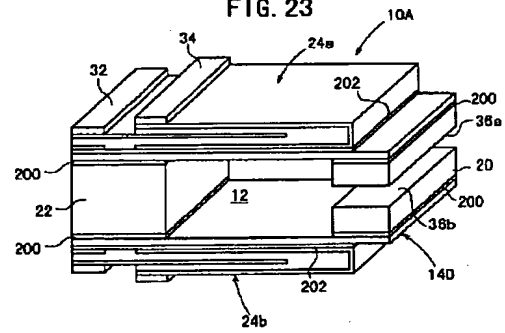
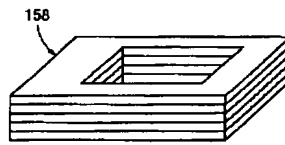
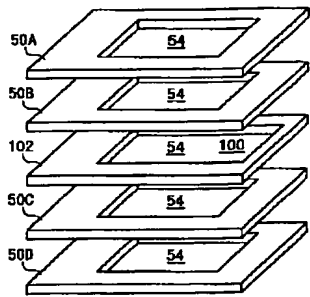
【図20】

【図23】

FIG. 20A

FIG. 20B

FIG. 23

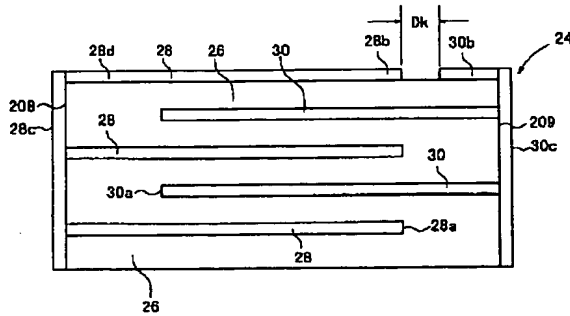
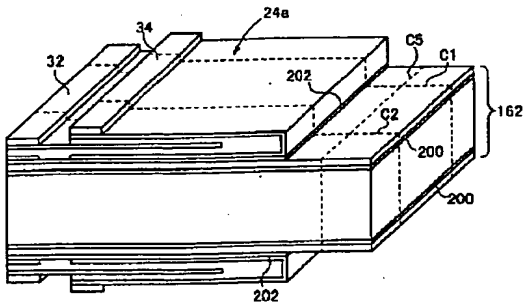


【図22】

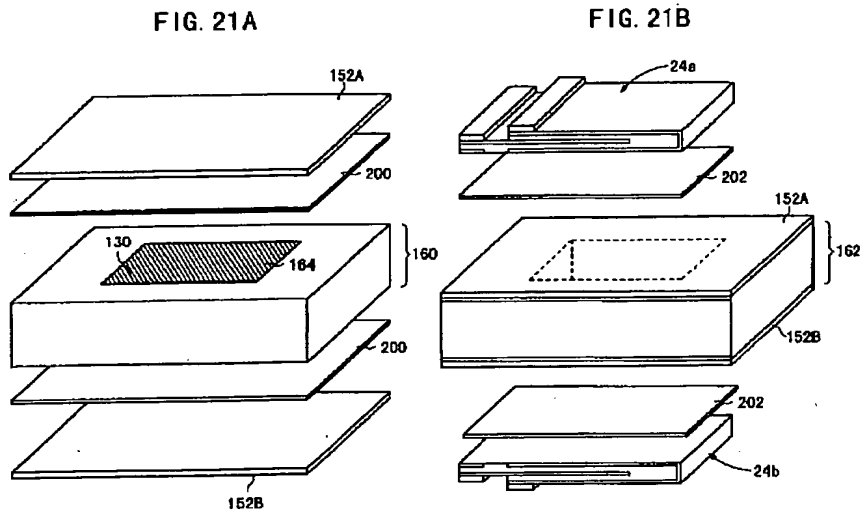
【図26】

FIG. 22

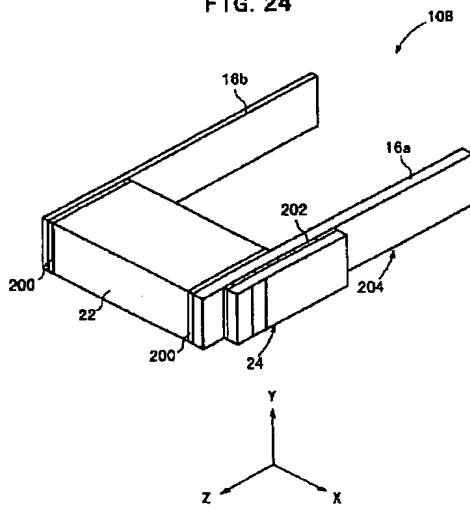
FIG. 26



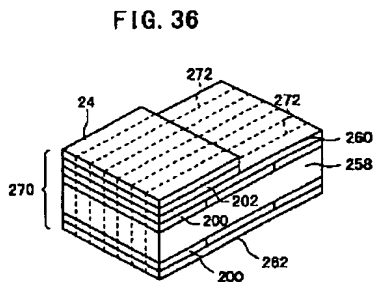
【図 21】



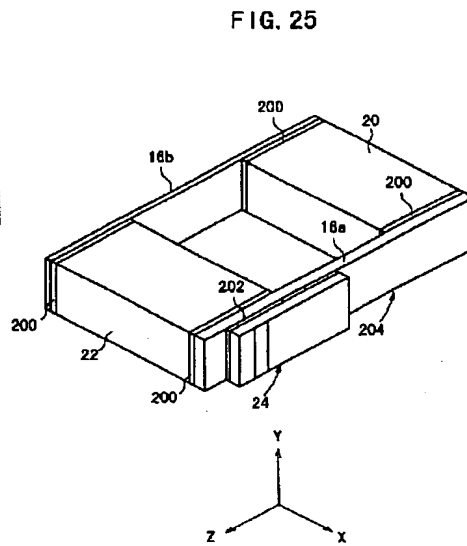
【図 24】



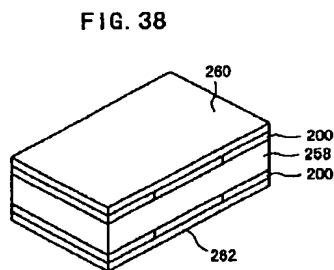
【図 36】



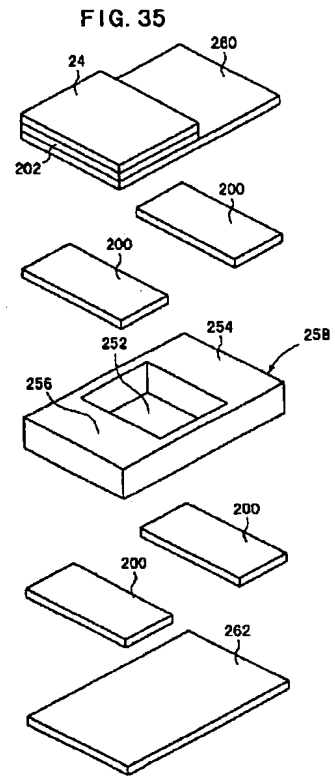
【図 25】



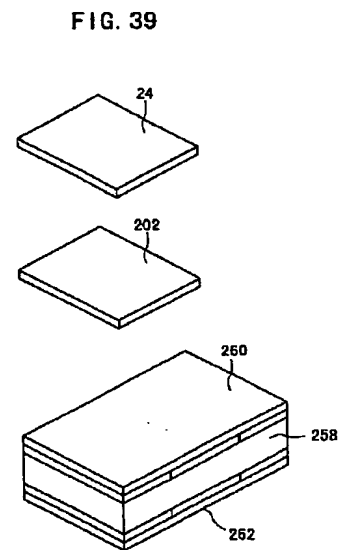
【図 38】



【図 35】

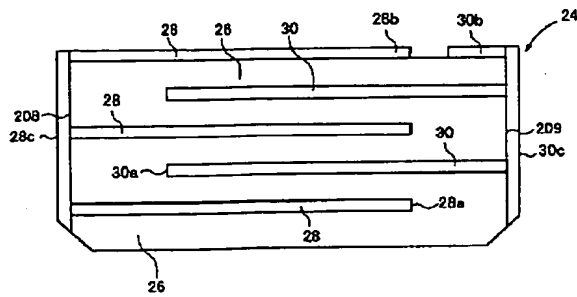


【図 39】



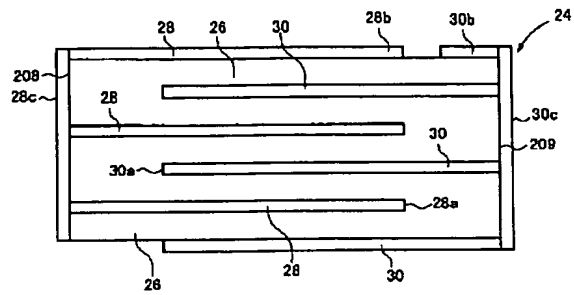
【図27】

FIG. 27



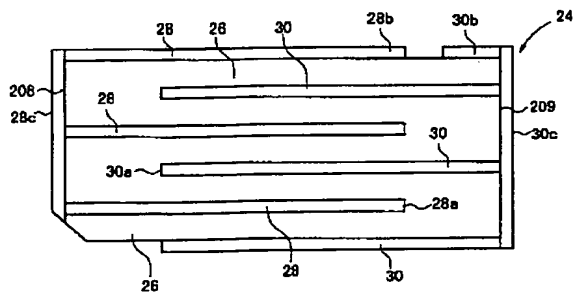
【図28】

FIG. 28



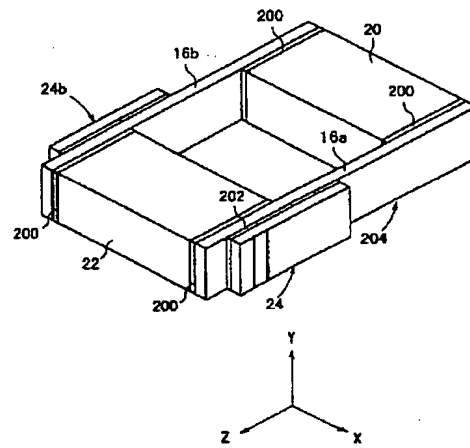
【図29】

FIG. 29



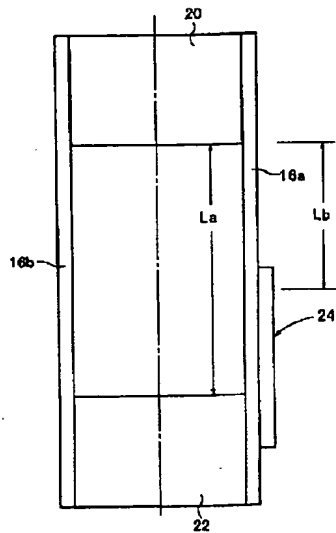
【図30】

FIG. 30



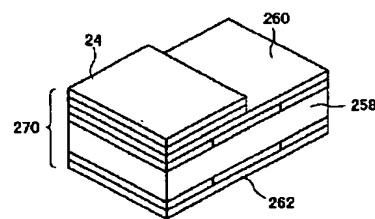
【図31】

FIG. 31



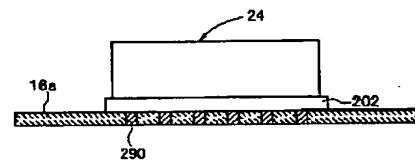
【図40】

FIG. 40



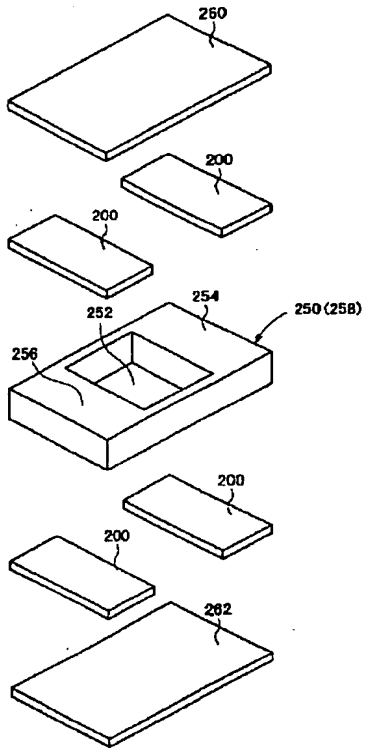
【図47】

FIG. 47



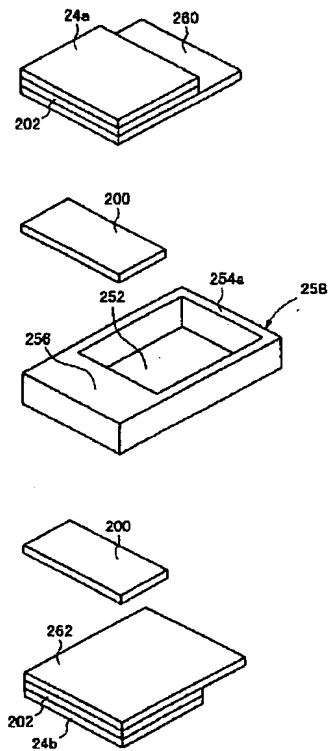
【図 37】

FIG. 37



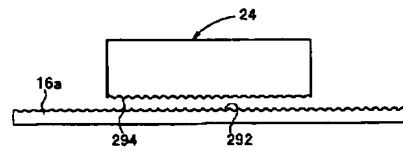
【図 41】

FIG. 41



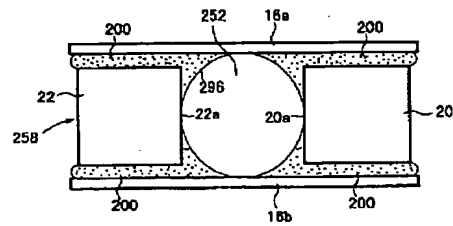
【図 48】

FIG. 48



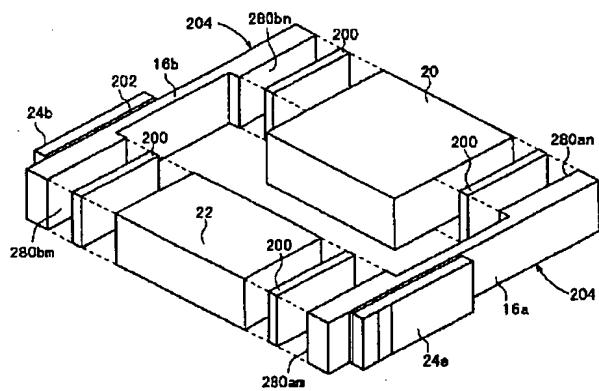
【図 49】

FIG. 49



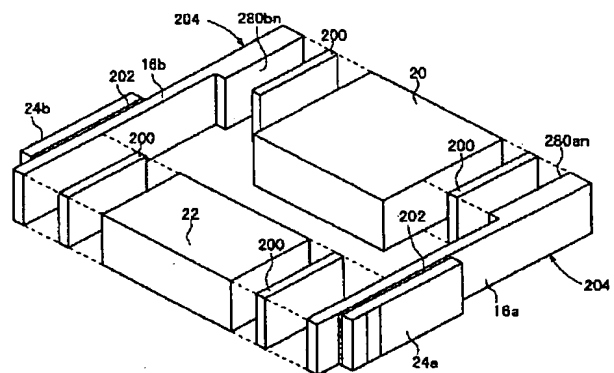
【図 42】

FIG. 42



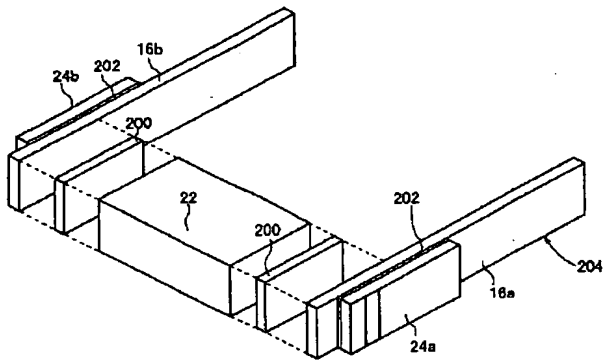
【図 43】

FIG. 43



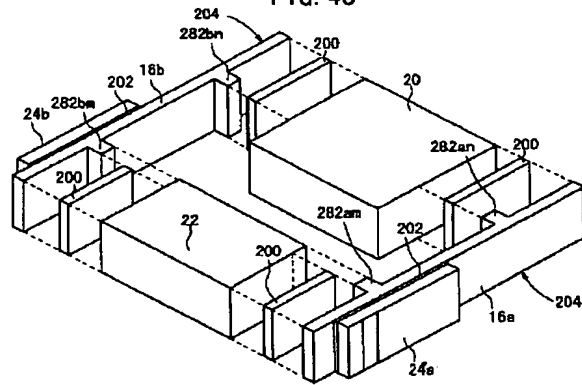
【図 44】

FIG. 44



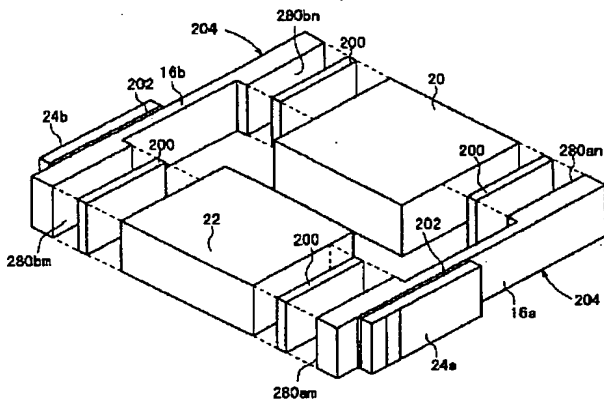
【図 45】

FIG. 45



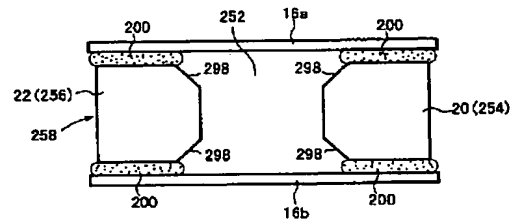
【図 46】

FIG. 46



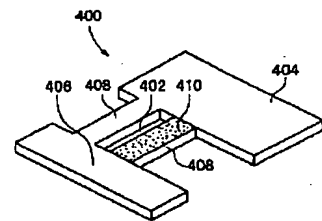
【図 50】

FIG. 50



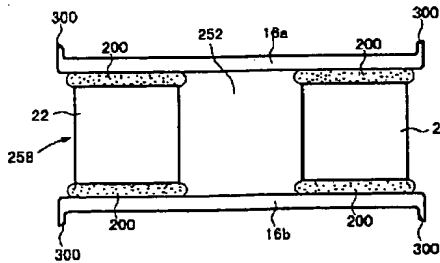
【図 53】

FIG. 53



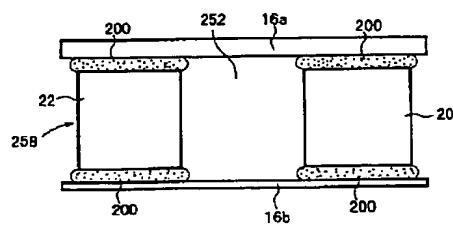
【図 51】

FIG. 51



【図 52】

FIG. 52



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード (参考)
// G 0 1 C 19/56		H 0 1 L 41/18	1 0 1 B
G 0 1 P 9/04			1 0 1 C
			1 0 1 D
		41/22	Z

(31)優先権主張番号	特願平11-326195	(31)優先権主張番号	特願2000-56434(P2000-56434)
(32)優先日	平成11年11月16日(1999. 11. 16)	(32)優先日	平成12年3月1日(2000. 3. 1)
(33)優先権主張国	日本(J P)	(33)優先権主張国	日本(J P)
(31)優先権主張番号	特願平11-371967	(31)優先権主張番号	特願2000-133012(P2000-133012)
(32)優先日	平成11年12月27日(1999. 12. 27)	(32)優先日	平成12年5月1日(2000. 5. 1)
(33)優先権主張国	日本(J P)	(33)優先権主張国	日本(J P)
(31)優先権主張番号	特願2000-13576(P2000-13576)	(72)発明者	滑川 政彦
(32)優先日	平成12年1月21日(2000. 1. 21)		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
(33)優先権主張国	日本(J P)		本碍子株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2000-15123(P2000-15123)	Fターム(参考)	2F105 BB02 BB03 BB12 CC01 CD02
(32)優先日	平成12年1月24日(2000. 1. 24)		CD06 CD13
(33)優先権主張国	日本(J P)		

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-026411

(43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

H01L 41/083
G01P 15/09
H01L 41/09
H01L 41/187
H01L 41/22
// G01C 19/56
G01P 9/04

(21)Application number : 2000-297782

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 29.09.2000

(72)Inventor : TAKEUCHI YUKIHISA
SHIBATA KAZUYOSHI
NAMEKAWA MASAHIKO

(30)Priority

Priority number : 11281522

Priority date : 01.10.1999

Priority country : JP

11307844

28.10.1999

11326195

16.11.1999

JP

11371967

27.12.1999

2000013576

21.01.2000

JP

2000015123

24.01.2000

2000056434

01.03.2000

JP

2000133012

01.05.2000

2000 524042

13.03.2000

JP

JP

JP

JP

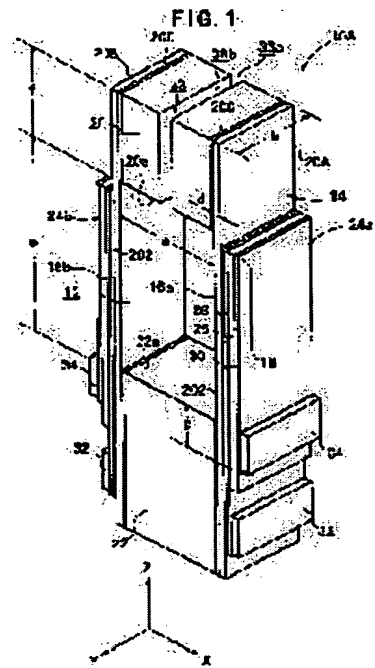
US

(54) PIEZOELECTRIC/ELECTROSTRICTIVE DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain longer life of a device, increased displacement at a movable part, and faster speed (higher resonance frequency) while handling characteristics of the device, fitting characteristics of a part to the movable part, and fitting characteristics of the device are improved.

SOLUTION: There are provided a pair of facing thin plates 16a and 16b, a movable part 20, and a fixing part 22 for supporting them. Any one of the pair of thin plates 16a and 16b is provided with piezoelectric/electrostrictive elements 24a and 24b. Related to a piezoelectric/electrostrictive device 10A where a hole 12 is formed of both inside walls of the pair of thin plates 16a and 16b, an inside wall 20a of the movable part 20, and an inside wall 22a of the fixing part 22, the pair of thin plates 16a and 16b is made of metal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] About piezo-electricity / electrostriction device equipped with the moving part which operates based on displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction element or the piezo-electricity / electrostriction device which can detect the displacement of moving part by piezo-electricity / electrostriction element, and its manufacture method, in detail, this invention is excellent in reinforcement, shock resistance, and moisture resistance, and relates to the piezo-electricity / electrostriction device which can operate moving part greatly efficiently, and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Recently, in fields, such as optics, and magnetic recording, precision processing, the displacement element which can adjust the optical path length and a location is needed to submicron order, and development of the displacement element using the displacement by the inverse piezoelectric effect and electrostrictive effect which are caused when voltage is impressed to piezo-electricity / electrostriction materials (for example, ferroelectric etc.) is furthered.

[0003] Conventionally, as such a displacement element, as shown, for example in drawing 53, by forming a pore 402 in the plate 400 which consists of piezo-electricity / an electrostriction material, a fixed part 404, moving part 406, and the beam section 408 that supports these are formed in one, and the electrostrictive actuator which formed the electrode layer 410 in the beam section 408 is indicated further (for example, refer to JP,10-136665,A).

[0004] if voltage is impressed to the electrode layer 410, since the beam section 408 expands and contracts according to an inverse piezoelectric effect or an electrostrictive effect in said electrostrictive actuator in the direction which connects a fixed part 404 and moving part 406 -- moving part 406 -- the inside of the field of a plate 400 -- setting -- an arc -- it is possible displacement or to carry out rotation displacement.

[0005] The technology of performing highly precise positioning at a high speed is indicated, and the structure used making the bimorph of two sheets counter is shown to this official report (especially drawing 4) by by dividing the electrode of that bimorph, preparing, and on the other hand, choosing and driving the divided electrode about the actuator which used bimorph for JP,63-64640,A.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in said electrostrictive actuator, since the displacement of the flexible direction (namely, field inboard of a plate 400) of piezo-electricity / electrostriction material was transmitted to moving part 406 as it was, there was a problem that the travel of moving part 406 was small.

[0007] Moreover, since it constituted all portions with the piezo-electricity / electrostriction material which is a brittle and comparatively heavy material, the mechanical strength of the electrostrictive actuator was low, in addition to being inferior to handling nature, shock resistance, and moisture resistance, its electrostrictive actuator itself was heavy, and it had the trouble of being easy to be

influenced on actuation of a harmful vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0008] In order to solve said trouble, filling up a pore 402 with the filler which has flexibility is proposed, but it is distinct that the amount of the displacement by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect falls only by using a filler.

[0009] This invention is made in consideration of such a technical problem, and can raise the attachment nature of the components to moving part, or the stability of a device in the reinforcement of a device, and the handling nature list of a device. By this While being able to displace moving part greatly by the low battery relatively, can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of a device, especially displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and it aims at offering the piezo-electricity / electrostriction device which can obtain the displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and the sensor element which can detect vibration of moving part with a sufficient precision in a list, and its manufacture method.

[0010]

[Means for Solving the Problem] This invention has at least the actuator section which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element fixed through adhesives on the metal sheet metal section, and said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element are characterized by an actuator film which consists of piezo-electricity / an electrostriction layer, and an electrode layer consisting of multilayer objects of at least three or more layers.

[0011] Thereby, even if it does not extend area on a plane of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element, displacement of the sheet metal section can be carried out greatly, and moreover, since the sheet metal section is metal, it excels in reinforcement or toughness and can respond also to rapid displacement actuation.

[0012] That is, in this invention, it can fully respond also in fluctuation and a severe busy condition of an operating environment. While being able to excel in shock resistance, being able to aim at improvement in reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device, and the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device and being able to carry out displacement of the sheet metal section greatly by low battery relatively moreover The rigidity of the sheet metal section is high, and thickness of an actuator film is thick, and since rigidity is high, improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of the sheet metal section can be made to attain.

[0013] And it is desirable to connect so that a laminating may be carried out so that two or more electrode layers in a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element may have an alternate end face, and the same voltage may be impressed every other layer. Moreover, as for said actuator film, it is desirable to consist of multilayer objects of ten or less layers, and, as for said actuator film, being formed with a printing multilayer method is desirable. Furthermore, it is desirable that a location gap of the direction of a field in perpendicular plane of projection of said electrode layer in every other layer is 50 micrometers or less, and, as for thickness of said adhesives, it is desirable that it is 15 micrometers or less.

[0014] You may make it this invention form a substrate layer in an opposed face with said sheet metal section in said piezo-electricity / electrostriction element. Moreover, you may make it form one or more holes or a hole in a portion in which said piezo-electricity / electrostriction element are formed at least among said sheet metal sections. In this case, since adhesives enter in a hole or a hole, while adhesion area becomes large substantially, it becomes possible to make thickness of adhesives thin. Furthermore, it is good also considering a portion in which said piezo-electricity / electrostriction element are formed at least among the surfaces of said sheet metal section as a split face. In this case, since adhesion area becomes large substantially, adhesion can be strengthened.

[0015] Moreover, this invention consists of the metal sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section. The actuator section by which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element was fixed through adhesives on one [at least] sheet metal section is provided. Said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element

Consist of two or more piezo-electricity / electrostriction layers, and electrode layers, and an electrode layer which touches a vertical side of each piezo-electricity / electrostriction layer is alternately drawn by opposite end face. An end-face electrode which connects electrically each electrode layer drawn by the alternate opposite end face concerned is prepared in the surface of said piezo-electricity / electrostriction layer of the outermost layer, and is characterized by connecting with a terminal area which only predetermined distance leaves and by which it has been arranged electrically, respectively. Drawing of a detection signal can be easily performed in a supply list of a driving signal to the laminated piezo-electricity / electrostriction element by this, and formation of the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element to the sheet metal section can be realized.

[0016] And you may make it present a rectangular parallelepiped configuration for said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element mostly in this invention. In this case, as for predetermined distance between said terminal areas, it is desirable that it is 50 micrometers or more. Moreover, you may make it connect electrically said one [at least] terminal area and said one end-face electrode by electrode layer of thickness thinner than these terminal areas and an end-face electrode.

[0017] Moreover, this invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section. They are the piezo-electricity / electrostriction device with which one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair. The minimum resonance frequency of the structure in case a body of comparable magnitude intervenes substantially with said fixed part between open ends of the sheet metal section of said pair is 20kHz or more. The amount of relative displacements of said body and said fixed part is characterized by being 0.5 micrometers or more in ontic applied-voltage 30V on 1/4 or less frequency of said resonance frequency.

[0018] By this, while being able to carry out displacement of the sheet metal section of a pair greatly Can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction device, especially the sheet metal section of a pair attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and a displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance and a sensor element which can detect vibration of moving part with a sufficient precision in a list can be obtained.

[0019] Said sheet metal section and fixed part may be constituted using ceramics or a metal, can also constitute each part from ceramic materials, or can also constitute it from metallic materials. [at least] Furthermore, it can also constitute as hybrid construction which combined what was manufactured from ceramics and a metaled material.

[0020] When adhesives are made to intervene between said piezo-electricity / electrostriction elements, and said sheet metal sections, it is desirable to make thickness of said adhesives into 10% or less of thickness of thickness of said piezo-electricity / electrostriction element. Moreover, when said one or more piezo-electricity / electrostriction elements are arranged in one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair, it is desirable to make thickness of one [said] sheet metal section thicker than thickness of the sheet metal section of another side.

[0021] And when a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair, it is desirable that distance between boundary portions of a boundary portion with said body in the sheet metal section of said pair and said fixed part is 0.4mm or more and 2mm or less, and each thickness of the sheet metal section of said pair is 10 micrometers or more and 100 micrometers or less.

[0022] As for said piezo-electricity / electrostriction element, it is desirable that an actuator film which consists of piezo-electricity / an electrostriction layer, and an electrode layer consists of multilayer objects of at least three or more layers. In this case, as for said actuator film, it is desirable to consist of multilayer objects of ten or less layers. Moreover, it is desirable that thickness of said piezo-electricity / electrostriction layer is 5 micrometers or more and 30 micrometers or less, and, as for thickness of said electrode layer, it is desirable that they are 0.5 micrometers or more and 20 micrometers or less.

[0023] Moreover, it is desirable to connect so that the laminating of two or more electrode layers in a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element may be carried out

alternately and the same voltage may be impressed every other layer.

[0024] Especially when the sheet metal section is made into metal, said piezo-electricity / electrostriction element can prevent a different inter-electrode short pass, if it forms so that an electrode layer of the layer [1st] piezo-electricity / the electrostriction layer, or the 1st layer, and the layer [1st] piezo-electricity / electrostriction layer may contact said sheet metal section among multilayer objects which constitute this piezo-electricity / electrostriction element.

[0025] Moreover, you may make it form one side in a location which does not contain said fixed part at least superficially among edges of said electrode layer, and may make it form an end of a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element in a location which does not contain said fixed part at least superficially.

[0026] Moreover, when a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair The minimum distance between boundary portions of a boundary portion with said body in the sheet metal section of said pair and said fixed part is set to L_a . When a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element among said body or said fixed part is not formed with while and sets shortest distance to L_b among distance from a boundary portion with said sheet metal section to an edge of said electrode layer, It is desirable still more desirable that $(1-L_b/L_a)$ is 0.4 or more, and $(1-L_b/L_a)$ is 0.5-0.8.

[0027] When using said sheet metal section as a metal, it is desirable to constitute said sheet metal section from a metal plate by which cold rolling processing was carried out.

[0028] Moreover, you may make it thickness make adhesives (0.1 micrometers or more and 30 micrometers or less) intervene between said multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element, and said sheet metal section. In this case, said adhesives may be organic resin and may be glass, low material, or solder.

[0029] Furthermore, you may make it form a substrate layer in an opposed face with said sheet metal section in said multilayer object. Moreover, you may make it form one or more holes or a hole in a portion in which said multilayer object is formed at least among said sheet metal sections. In this case, since adhesives enter in a hole or a hole, while adhesion area becomes large substantially, it becomes possible to make thickness of adhesives thin. It is good also considering a portion in which said multilayer object is formed at least among the surfaces of said sheet metal section as a split face. In this case, since adhesion area becomes large substantially, adhesion can be strengthened. Furthermore, it is desirable that thickness intervenes adhesives (0.1 micrometers or more and 30 micrometers or less) between said fixed parts at least with said sheet metal section. In this case, organic resin is sufficient as said adhesives, and they may be glass, low material, or solder.

[0030] Moreover, it is desirable to give curvature to flash configurations of said sheet metal section and said adhesives which overflowed an opposite portion with said fixed part at least. In this case, since a wall of a fixed part and a wall of each sheet metal section are also used as an adhesion side, adhesion area becomes large and can enlarge bond strength. Moreover, stress concentration for a joint (corner) of a wall of a fixed part and a wall of each sheet metal section can be distributed effectively.

[0031] When a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair, it is desirable to bevel a corner which counters said body of said fixed part at least. In this case, by adjusting an angle and radius of curvature of beveling suitably, the amount of flashes of adhesives can be stabilized, local dispersion of bond strength can be controlled, and improvement in a yield can be aimed at. When said sheet metal section carries out blanking processing of the metal plate and it is produced, it is desirable to turn a burr by said blanking processing to a method of outside in consideration of the adhesion direction of handling nature or each part material.

[0032] Next, this invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section. Two or more sheet metal which is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair, and forms the sheet metal section behind at least, Said piezo-electricity / electrostriction element, a production process for which a support substrate is prepared, and a production

process which fixes piezo-electricity / electrostriction element through the 1st adhesives to said at least one sheet metal, It is characterized by fixing said two or more sheet metal through the 2nd adhesives to said support substrate, and having a production process which produces device original recording by which phase opposite of this two or more sheet metal was carried out, and a separation production process which divides said device original recording into plurality, and produces each piezo-electricity / electrostriction device of said.

[0033] Moreover, this invention possesses the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite, and a fixed part which supports these sheet metal section. Two or more sheet metal which is the manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair, and forms the sheet metal section behind at least, Said piezo-electricity / electrostriction element, a production process for which a support substrate is prepared, and a production process which fixes said two or more sheet metal through the 2nd adhesives to said support substrate, It is characterized by having a production process which produces device original recording which fixes piezo-electricity / electrostriction element through the 1st adhesives to said at least one sheet metal, and by which phase opposite of this two or more sheet metal was carried out, and a separation production process which divides said device original recording into plurality, and produces each piezo-electricity / electrostriction device of said.

[0034] By these manufacture methods, while being able to carry out displacement of the sheet metal section of a pair greatly, a device, and the piezo-electricity / electrostriction device which can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of the sheet metal section of a pair attain especially can be manufactured easily.

[0035] And when a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair of the piezo-electricity / electrostriction device produced, in an above-mentioned manufacture method, it is good also as a cyclic structure object of a rectangle which has a portion which serves as said body at least in said support substrate behind, and a portion which serves as said fixed part behind.

[0036] Or when a body does not intervene between open ends in the sheet metal section of said pair of the piezo-electricity / electrostriction device produced, in an above-mentioned manufacture method, it is good also as a cyclic structure object of a rectangle which has a portion which serves as said fixed part in said support substrate in a portion (portion which specifies substantially thickness of a portion between which it is behind placed by said body at least) which supports said open end, and the back.

[0037] Moreover, said the 1st adhesives and/or 2nd adhesives may be organic resin, and may be glass, low material, or solder. On the other hand, said sheet metal and/or a support substrate may be metal.

[0038] Moreover, when it includes processing cut along with a predetermined cutting plane line as processing which separates said device original recording to said device original recording, it is desirable that said cutting direction is almost the same as the displacement direction of the sheet metal section of said pair.

[0039] Furthermore, in a manufacture method concerning this invention, before fixing said piezo-electricity / electrostriction element through said 1st adhesives to said sheet metal You may make it include a production process which forms a substrate layer in an opposed face with said sheet metal in said piezo-electricity / electrostriction element, and may make it include a production process which forms one or more holes or a hole in a portion which said piezo-electricity / electrostriction element fix at least among said sheet metal.

[0040] moreover, you may make it include a production process which makes coarse a portion which said piezo-electricity / electrostriction element fix at least among the surfaces of said sheet metal, and may make it include a production process which forms curvature from an opposite portion of said sheet metal and said support substrate in a flash configuration of said 2nd adhesives which saw and came out

[0041] Moreover, you may make it include a production process which bevels a corner which counters mutually [said support substrate] among said device original recording. Moreover, when it includes a production process which produces said sheet metal by carrying out blanking processing to a metal plate, a burr by said blanking processing which has generated said sheet metal in said sheet metal in case

said device original recording is produced combining said support substrate is turned to a method of outside, and you may make it produce said device original recording.

[0042] Therefore, according to the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method Various transducers, various actuators, a frequency-domain functional part (filter), Others [active elements /, such as a transformer, an object for a communication link, vibrator for power or a resonator, a radiator, and a discriminator,], It can use as sensor elements for [various] sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor. It can use suitable for various actuators especially used for displacement of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or a device of positioning adjustment and angle adjustment.

[0043]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of a gestalt of operation of the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method is explained, referring to drawing 1 - drawing 52 .

[0044] Here, piezo-electricity / electrostriction device is concepts which include the element which changes electric energy and mechanical energy mutually by piezo-electricity / electrostriction element. Therefore, it is used most suitably as active elements, such as various actuators and vibrator, and a displacement element which used the displacement by the inverse piezoelectric effect or the electrostrictive effect especially, and also may be suitably used as passive elements, such as an acceleration-sensor element and an impact sensor element.

[0045] As shown in drawing 1 , the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation present the configuration of a long rectangular parallelepiped as a whole, and has the base 14 of the direction of a major axis with which the pore 12 was mostly formed in a part for a center section.

[0046] A base 14 possesses the sheet metal sections 16a and 16b of the pair which carries out phase opposite, moving part 20, and the fixed part 22 that supports moving part 20 in sheet metal section 16a of said pair, and 16b list, and piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are formed in the one section each of the sheet metal sections 16a and 16b at least, respectively.

[0047] In addition, about said base 14, although the whole was constituted using the ceramics or a metal, it is good also as hybrid construction which combined what was manufactured with the material of others, the ceramics, and a metal. Moreover, the configuration of the metal integral construction which unified each part by the structure which it comes to paste up with adhesives, such as organic resin and glass, low attachment, soldering, eutectic bonding, or welding can be used for a base 14.

[0048] About the gestalt of this 1st operation, the sheet metal sections 16a and 16b of a pair are metal among bases 14, and other moving part 20 and fixed parts 22 have hybrid construction made into the product made from a ceramic. Specifically, the metal sheet metal sections 16a and 16b have fixed through adhesives 200 on each side of the moving part 20 made from a ceramic, and a fixed part 22. Of course, the sheet metal sections 16a and 16b, moving part 20, and a fixed part 22 may be altogether made into metal.

[0049] And piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b will prepare piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b as an exception object as below-mentioned, and will be stuck on a base 14 by adhesives, such as organic resin and glass, low attachment, soldering, eutectic bonding, etc., and also they will be formed in said the direct base 14 instead of attachment by using the film forming method. On sheet metal section 16a and 16b, through adhesives 202, piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b fix, and consist of gestalten of the 1st operation, respectively.

[0050] Moreover, this piezo-electricity / electrostriction device 10A have the configuration which said rectangle-like pore 12 is formed of both the walls of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, wall 20a of moving part 20, and wall 22a of a fixed part 22, and moving part 20 displaces by the drive of said piezo-electricity / electrostriction element 24a, and/or 24b, or detects the displacement of moving part 20 by piezo-electricity / electrostriction element 24a, and/or 24b.

[0051] Piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b have piezo-electricity / electrostriction

layer 26, and the electrodes 28 and 30 of the pair formed in the both sides of this piezo-electricity / electrostriction layer 26, and are constituted, and one electrode 28 is formed in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair at least among the electrodes 28 and 30 of this pair.

[0052] Each apical surface of piezo-electricity / electrostriction layer 26 is mostly equal to the electrode 28 and 30 lists of a pair which constitute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b from an example of drawing 1 . From a part of outside surface of a fixed part 22, the amount of [of these piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b / 18 (portion to which the electrodes 28 and 30 of a pair lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between)] substantial mechanical component applies to a part of outside surface of the sheet metal sections 16a and 16b, and it is formed continuously. Especially, in this example, each apical surface of the electrodes 28 and 30 of a pair is located in back end approach more slightly than wall 20a of moving part 20. Of course, you may make it form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b so that it may be applied and located in a part of sheet metal sections 16a and 16b by the amount of [18] said substantial mechanical component from some moving part 20.

[0053] And in the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation of a ****, as shown in drawing 1 , the end faces 36a and 36b which counter moving part 20 mutually are formed and constituted. Each end faces 36a and 36b are fields almost parallel to the side, i.e., the element forming face, of moving part 20, and they are mutually separated from the upper surface of moving part 20, applying them to a pore 12. It is desirable to make almost equal distance Da and Db from the medial axis n of moving part 20 to each end faces 36a and 36b so that it may be shown at this time, for example, drawing 12 .

[0054] Moreover, you may make it make an opening (air) 38 intervene, and may make it make the member 40 which consists of the piezo-electricity / electrostriction device 10Ag concerning the 7th modification shown in drawing 9 , a member which is different from the configuration member of said moving part 20 among these end faces 36a and 36b as shown in drawing 12 , for example, resin etc., etc. intervene among these end faces 36a and 36b, as shown in drawing 1 .

[0055] By the way, in the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation, impression of the voltage to the electrodes 28 and 30 of a pair is performed through the terminals (pad) 32 and 34 formed on the both-sides side (element forming face) of a fixed part 22 among each electrodes 28 and 30, respectively. The terminal 32 corresponding to one electrode 28 in the location of each terminals 32 and 34 is formed in the back end approach of a fixed part 22, and the terminal 34 corresponding to the electrode 30 of another side by the side of outer space is formed in the wall 22a approach of a fixed part 22.

[0056] In this case, immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10A can be separately performed using a field other than the field where terminals 32 and 34 have been arranged, respectively, and high reliability can be acquired as a result to the both sides of immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10A, and the electrical installation between a circuit, a terminal 32, and 34. In this configuration, electrical installation of terminals 32 and 34 and a circuit is performed by a flexible printed circuit (called FPC), a flexible flat cable (called FFC), wirebonding, etc.

[0057] As a configuration of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b Like the piezo-electricity / electrostriction device 10Aa concerning the 1st modification shown in drawing 2 besides the configuration shown in drawing 1 Each point of the electrodes 28 and 30 of the pair which constitutes piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b is arranged. Like the piezo-electricity / electrostriction device 10Ab concerning the 2nd modification which you may make it make only the point of piezo-electricity / electrostriction layer 26 project to a moving-part 20 side, and is shown in drawing 3 Each point of one electrode 28, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26 is arranged, and you may make it locate only the point of the electrode 30 of another side in fixed part 22 approach. In the piezo-electricity / electrostriction device 10Ab shown in this drawing 3 , the example which formed the end faces 36a and 36b which counter a fixed part 22 mutually instead of moving part 20 is shown.

[0058] in addition, the piezo-electricity / electrostriction device 10Ac concerning the 3rd modification

shown in drawing 4 -- like -- each point of one electrode 28, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26 -- the side of moving part 20 -- extending -- the point of the electrode 30 of another side -- the length direction (Z shaft orientations) of the sheet metal sections 16a and 16b -- you may make it make it mostly located in the center

[0059] Although the electrodes 28 and 30 of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 of 1 layer structure, and a pair constituted piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b from the above-mentioned example, it is also desirable to carry out the plurality of the electrodes 28 and 30 of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and a pair at a laminating gestalt, and to constitute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0060] for example, like the piezo-electricity / electrostriction device 10Ad concerning the 4th modification shown in drawing 5 Make the electrodes 28 and 30 of a pair into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively, and the laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is carried out by turns, respectively. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b by which the portion (a part for the substantial mechanical component 18) to which one [these] electrode 28 and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between was considered as the multistage configuration. In this drawing 5 , make piezo-electricity / electrostriction layer 26 into a three-tiered structure, and separate into the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye, respectively, and one electrode 28 is formed in them. It separates into the upper surface of the 1st layer, and the upper surface of the 3rd layer, respectively, the electrode 30 of another side is formed in them, and the example which formed Terminals 32a and 32b in each edge of one electrode 28, respectively, and formed Terminals 34a and 34b in each edge of the electrode 30 of another side, respectively is shown further.

[0061] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10Ae concerning the 5th modification shown in drawing 6 The electrodes 28 and 30 of a pair are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively. The laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is alternately carried out, respectively so that it may become cross-section **** ctenidium-like. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b by which the portion (a part for the substantial mechanical component 18) to which one [these] electrode 28 and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between was considered as the multistage configuration. This drawing 6 shows the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 26 the three-tiered structure, formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 28 might be located in the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye, and was formed in the shape of a ctenidium so that the electrode 30 of another side might be located in the upper surface of the 1st layer, and the upper surface of the 3rd layer. Since the number of terminals 32 and 34 can be reduced compared with the configuration of drawing 5 by carrying out the bond communalization of the electrode 30 comrades of another side, respectively in one electrode 28 list in this configuration, enlargement of the size accompanying multilayering of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b can be suppressed.

[0062] Moreover, you may make it form piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in other examples of the piezo-electricity / electrostriction device 10Ae concerning said 5th modification so that the point may remain on sheet metal section 16a and 16b as shown in drawing 7 . the example of drawing 7 -- the point of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b -- method ** of length of the sheet metal section -- the example mostly located in the center section is shown. In this case, there is an advantage that displacement of the moving part 20 can be carried out greatly.

[0063] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10Af concerning the 6th modification shown in drawing 8 The piezo-electricity / electrostriction element 24a1 of two multistage configurations, and 24b1 are formed so that a fixed part 22 and the sheet metal sections 16a and 16b may be straddled, respectively. You may make it form the piezo-electricity / electrostriction element 24a2 of other two multistage configurations, and 24b2 so that moving part 20 and the sheet metal

sections 16a and 16b may be straddled, respectively. in this case, according to the effect which makes a multilevel structure piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, and the effect that the point of application for carrying out displacement of the moving part 20 increases in number, displacement of the moving part 20 can be carried out very greatly, and it means having excelled also in high-speed responsibility, and is desirable.

[0064] moreover, like the piezo-electricity / electrostriction device 10Ag concerning the 7th modification shown in drawing 9 Make piezo-electricity / electrostriction layer 26 into two-layer structure, and it is formed in the shape of a ctenidium so that one electrode 28 may be located in the inferior surface of tongue (side of the sheet metal sections 16a and 16b) of the 1st layer, and the upper surface of a two-layer eye. It is good also as the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of the multistage configuration formed so that the electrode 30 of another side might be located in the upper surface of the 1st layer. A member which is different in moving part 20 is filled up with this example between end-face 36a of moving part 20, and 36b.

[0065] While the generating force of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b increases and has and about is planned very much by making such piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b into a multilevel structure, high resonance frequency-ization is attained and improvement in the speed of displacement actuation can attain easily because the rigidity of the piezo-electricity / the electrostriction device 10A itself increases.

[0066] In addition, what is necessary is just to decide a number of stages etc. suitably according to a use and a busy condition, in actually carrying out in order for power consumption to also increase in connection with it although increase of driving force is achieved if a number of stages is made [many]. Moreover, fundamentally, even if it makes piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b into a multilevel structure and raises driving force in the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of this 1st operation, the width of face (distance of Y shaft orientations) of the sheet metal sections 16a and 16b serves as a very desirable device, since it is eternal, for example, when applying to actuators, such as positioning of the magnetic head for hard disks used in a very narrow gap, and ringing control. Moreover, since electrostatic capacity increases and a generating charge increases by considering as a multilevel structure when using it as a sensor (for example, acceleration sensor), there is an advantage that the level of the electrical signal which a sensor generates becomes large, and processing by the digital disposal circuit connected to the latter part of a sensor becomes easy.

[0067] Although the case where it constituted from so-called sandwich structure which made piezo-electricity / electrostriction layer 26 intervene between the electrode 28 of a pair and 30 in above-mentioned piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b was shown In addition, as are shown in drawing 10 , and you may make it form the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type in one principal plane of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 formed in the side of the sheet metal sections 16a and 16b at least and it is shown in drawing 11 The electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type are embedded in the piezo-electricity / electrostriction layer 26 formed in the side of the sheet metal sections 16a and 16b at least, and you may make it form.

[0068] In the case of the structure shown in drawing 10 , there is an advantage that power consumption can be stopped low and, in the case of the structure shown in drawing 11 , it becomes very advantageous to generating of an about from it being the structure where the inverse piezoelectric effect of the big direction of electric field of distortion and the generating force can be used effectively.

[0069] Specifically, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 10 have the structure where come to form the electrodes 28 and 30 of the pair of tandem-type structure in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and one electrode 28 and the electrode 30 of another side counter mutually with the gap 29 of fixed width of face alternately. Although drawing 10 showed the example which formed the electrodes 28 and 30 of a pair in one principal plane of piezo-electricity / electrostriction layer 26 In addition, may make it form the electrodes 28 and 30 of a pair between the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26, and You may make it form the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type in the 1 principal-plane list of piezo-electricity / electrostriction layer 26, respectively between the

sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0070] On the other hand, the electrodes 28 and 30 of the pair of tandem-type structure are formed, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 11 have the structure where one electrode 28 and the electrode 30 of another side counter mutually with the gap 29 of fixed width of face alternately so that it may be embedded in piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0071] It can use suitable for the piezo-electricity / electrostriction device 10A which the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in such drawing 10 and drawing 11 also require for the gestalt of the 1st operation. Like the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which are shown in drawing 10 and drawing 11, when using the electrodes 28 and 30 of the pair of a tandem type, it is making small the pitch D of the ctenidium of each electrodes 28 and 30, and it is possible to enlarge displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0072] Actuation of the piezo-electricity / electrostriction device 10A which starts the gestalt of this 1st operation here is explained. first, two piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b -- the natural condition 24a and 24b, i.e., piezo-electricity / electrostriction elements, -- both -- displacement -- when not operating, it is shown in drawing 12 -- as -- the major axis (major axis of a fixed part 22) m of piezo-electricity / electrostriction device 10A, and the medial axis n of moving part 20 -- about -- I am doing one.

[0073] From this condition, as shown, for example in the wave form chart of drawing 13 A, the sine wave Wa which has the predetermined bias potential Vb is applied to the electrodes 28 and 30 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 24a, and as shown in drawing 13 B, the sine wave Wb from which about about 180 degrees of phases differ is applied to the electrodes 28 and 30 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side in said sine wave Wa.

[0074] And in the phase where the voltage of maximum was impressed as opposed to the electrodes 28 and 30 of the pair in one piezo-electricity / electrostriction element 24a, the piezo-electricity / electrostriction layer 26 in one piezo-electricity / electrostriction element 24a carry out contraction displacement in the direction of a principal plane. By this, as shown in drawing 14, as an arrow head A shows, to one sheet metal section 16a Since the stress of the direction which sags this sheet metal section 16a rightward occurs, one [this] sheet metal section 16a bends rightward. At this time In the electrodes 28 and 30 of the pair in the piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side, since voltage will be in the condition of not being impressed, sheet metal section 16b of another side follows bending of one sheet metal section 16a, and bends rightward. Consequently, moving part 20 displaces rightward as opposed to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10A. In addition, the amount of displacement also becomes large, so that the amount of displacement changes according to the maximum of the voltage impressed to each piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, for example, maximum becomes large.

[0075] When the piezo-electricity / electrostriction material which has a high coercive electric field as a component of piezo-electricity / electrostriction layer 26 especially are applied, you may make it adjust said bias potential so that the level of the minimum value may turn into negative level slightly as shown in the wave of the two-dot chain line of drawing 13 A and drawing 13 B. In this case, the stress of the same direction occurs with the bending direction of one sheet metal section 16a in sheet metal section 16b of another side, and the drive of the piezo-electricity / electrostriction element (for example, piezo-electricity / electrostriction element 24b of another side) to which this negative level is impressed enables it to enlarge the amount of displacement of moving part 20 more. That is, the piezo-electricity / electrostriction element 24b, or 24a to which negative level is impressed can give the function to support the piezo-electricity / electrostriction element 24a, or 24b which is the subject of displacement actuation, by using a wave as shown with the alternate long and short dash line in drawing 13 A and drawing 13 B.

[0076] In addition, in the example of piezo-electricity / electrostriction device 10Af shown in drawing 8, the voltage (refer to sine wave Wa) which has been arranged on the diagonal line and which is shown in drawing 13 A is impressed, for example to piezo-electricity / electrostriction element 24a1, and the

piezo-electricity / electrostriction element 24b2, and the voltage (refer to sine wave Wb) shown in drawing 13 B is impressed to other piezo-electricity / electrostriction elements 24a2, and the piezo-electricity / electrostriction element 24b1.

[0077] Thus, in the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation, in order for displacement with minute piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b to be amplified by big displacement actuation using bending of the sheet metal sections 16a and 16b and to transmit to moving part 20, moving part 20 becomes possible [carrying out displacement greatly to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10A].

[0078] He is trying to prepare moving part 20 especially the end faces 36a and 36b which counter mutually with the gestalt of this 1st operation. In this case, it becomes possible to raise resonance frequency, without being able to make into an opening 38 between the end faces 36a and 36b which counter mutually, or being able to attain lightweight-ization of moving part 20 effectively by making the member 40 lighter than the configuration member of moving part 20 intervene among said end faces 36a and 36b which counter mutually, and reducing the amount of displacement of moving part 20.

[0079] Here, frequency switches in alternation the voltage impressed to the electrodes 28 and 30 of a pair, and shows the frequency of the voltage waveform when carrying out displacement of the moving part 20 to right and left, and when resonance frequency impresses a predetermined sinusoidal voltage, it shows the frequency from which the displacement amplitude of moving part 20 serves as max.

[0080] Moreover, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation. The sheet metal sections 16a and 16b of a pair are metal, and other moving part 20 and fixed parts 22 have hybrid construction made into the product made from a ceramic. Since the piezo-electricity / electrostriction material which is a brittle and comparatively heavy material do not need to constitute all portions, A mechanical strength is high, is excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and has on actuation the advantage of being hard to be influenced of a harmful vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0081] furthermore, some moving part 20 which contains one end-face 36a when between the end faces 36a and 36b which counter mutually is made into an opening 38 in the gestalt of this 1st operation -- some of 20A and another moving part 20 containing other-end side 36b -- 20B -- bending -- being easy - - it becomes strong to deformation. Therefore, it will excel in the handling nature of piezo-electricity / electrostriction device 10A.

[0082] Moreover, the surface area of moving part 20 or a fixed part 22 becomes large by existence of said end faces 36a and 36b which counter mutually. Therefore, as shown in drawing 1 , when it considers as the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually and attaches other components in moving part 20, the large clamp-face product can be taken and the attachment nature of components can be raised. Here, considering the case where components are fixed with adhesives etc., since adhesives will spread even round the end faces 36a and 36b besides one principal plane (components clamp face) of moving part 20, they become possible [canceling the lack of spreading of adhesives etc.], and can fix components certainly.

[0083] As this example, the case where the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of this another operation (the piezo-electricity / electrostriction device ten A2 of another side) are fixed is shown to the moving part 20 of the piezo-electricity / electrostriction device (one piezo-electricity / electrostriction device ten A1) applied to the gestalt of this operation at drawing 15 .

[0084] The fixed part 22 has fixed one piezo-electricity / electrostriction device ten A1 on the surface of a substrate 122 through adhesives 120. In the moving part 20 of piezo-electricity / electrostriction device ten A1 of one of these, the fixed part 22 of the piezo-electricity / electrostriction device ten A2 of another side has fixed through adhesives 124. That is, it has the composition that two piezo-electricity / electrostriction devices ten A1, and ten A2 have been arranged at the serial. In addition, between end-face 36a in the piezo-electricity / electrostriction device ten A2 of another side which moving part 20 counters mutually, and 36b, a lightweight member 126 which is different in moving part 20 intervenes.

[0085] In this case, the adhesives 124 for fixing the piezo-electricity / electrostriction device ten A2 of another side have spread even among the end faces 36a and 36b of moving part 20 in one piezo-

electricity / electrostriction device ten A1, and the piezo-electricity / electrostriction device ten A2 of another side will fix firmly by this to one piezo-electricity / electrostriction device ten A1. Moreover, if piezo-electricity / electrostriction device ten A2 is pasted up in this way, since a lightweight member (this example adhesives 124) which is different in moving part 20 between end-face 36a and 36b can be made placed between adhesion and coincidence, there is an advantage that a manufacturing process can be simplified.

[0086] It becomes possible to, fix firmly the piezo-electricity / electrostriction device 10Ab concerning this 2nd modification to a predetermined fixed portion on the other hand, in addition to the effect in the case of having the end faces 36a and 36b which counter mutually in the moving part 20 which mentioned above, when it considers as the fixed part 22 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually, as shown in drawing 3, and improvement in reliability can be aimed at.

[0087] Moreover, he is trying to form continuously from a part of fixed part 22 in the gestalt of this 1st operation, applying [to which the electrodes 28 and 30 of a pair lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between] it to a part of sheet metal sections 16a and 16b (a part for the substantial mechanical component 18). Although there is a possibility that displacement actuation of moving part 20 may be restricted by the amount of [18] said substantial mechanical component, and it may become impossible to obtain big displacement when it forms in some moving part 20 further, having applied a part for the substantial mechanical component 18 With the gestalt of this 1st operation, since it forms so that a part for said substantial mechanical component 18 may not be applied to moving part 20, un-arranging [that displacement actuation of moving part 20 is restricted] is avoided, and the amount of displacement of moving part 20 can be enlarged.

[0088] On the contrary, when forming piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in some moving part 20, it is desirable to form so that the amount of [18] said substantial mechanical component may make it applied and located in a part of sheet metal sections 16a and 16b from some moving part 20. This is because displacement actuation of moving part 20 will be restricted as mentioned above if a part for the substantial mechanical component 18 is formed over a part of fixed part 22.

[0089] Next, the desirable example of a configuration of the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation is explained.

[0090] First, in order to make displacement actuation of moving part 20 into a positive thing, it is desirable to make or more [of thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b] into 1/2 distance g the amount of [of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b / 18] substantial mechanical component starts a fixed part 22 or moving part 20.

[0091] and the ratio of the distance a between the walls of the sheet metal sections 16a and 16b (distance of X shaft orientations), and the width of face (distance of Y shaft orientations) b of the sheet metal sections 16a and 16b -- it constitutes so that a/b may be set to 0.5-20. Aforementioned ratio a/b is preferably set to 1-15, and is set to 1-10 still more preferably. this ratio -- the default value of a/b -- the displacement of moving part 20 -- it is the convention based on discovery of an amount being enlarged and being able to obtain the displacement in an X-Z plane dominantly.

[0092] on the other hand -- a ratio with the distance a between length (distance of Z shaft orientations) e of the sheet metal sections 16a and 16b, and the wall of the sheet metal sections 16a and 16b -- in e/a, it is desirable for it to be preferably referred to as 0.5-10, and to be referred to as 0.5-5 still more preferably.

[0093] Furthermore, it is desirable to fill up a pore 12, gel material, for example, silicon gel. Usually, although displacement actuation of moving part 20 will receive a limit by existence of a filler Since he is trying to attain lightweight-izing and increase-izing of the amount of displacement of moving part 20 accompanying the formation of end faces 36a and 36b to moving part 20 with the gestalt of this 1st operation, A limit of displacement actuation of the moving part 20 by said filler is negated, and the effect by existence of a filler, i.e., a raise in resonance frequency, and rigid reservation can be realized.

[0094] Moreover, the short thing of length (distance of Z shaft orientations) f of moving part 20 is desirable. It is because increase of lightweight-izing and resonance frequency is achieved by shortening.

however -- in order to secure the rigidity of X shaft orientations of moving part 20 and to make the displacement into a positive thing -- a ratio with thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b -- it is desirable to make f/d or more into five preferably two or more.

[0095] In addition, the actual size of each part will be set to the reinforcement of the whole plane-of-composition product [for installation], and piezo-electricity / electrostriction devices, such as plane-of-composition product [for attaching the plane-of-composition product for installation of the components to moving part 20, and a fixed part 22 in other members], and terminal for electrodes, 10A, durability, and the required amount list of displacement in consideration of resonance frequency, driver voltage, etc.

[0096] 100 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and, specifically, the distance a between the walls of the sheet metal sections 16a and 16b is 200 micrometers - 1600 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and the width of face b of the sheet metal sections 16a and 16b is 100 micrometers - 500 micrometers. thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b -- the displacement to Y shaft orientations -- the influence which is a component -- in relation with the width of face b of the sheet metal sections 16a and 16b, it considers as $b > d$, and 2 micrometers - 100 micrometers are 10 micrometers - 80 micrometers preferably and also preferably so that displacement can control effectively.

[0097] 200 micrometers - 3000 micrometers are desirable still more desirable, and length e of the sheet metal sections 16a and 16b is 300 micrometers - 2000 micrometers. 50 micrometers - 2000 micrometers are desirable still more desirable, and length f of moving part 20 is 100 micrometers - 1000 micrometers.

[0098] Although the displacement of Y shaft orientations does not exceed 10% to the displacement of X shaft orientations by making it such a configuration, the extremely excellent effect that a low-battery drive is possible by adjusting suitably in the above-mentioned rate of a proportion and the range of an actual size, and the displacement component to Y shaft orientations can be controlled to 5% or less is shown. That is, moving part 20 will displace to 1 shaft orientations of X shaft orientations substantially, moreover, is excellent in high-speed responsibility, and can get big displacement by the low battery relatively.

[0099] Moreover, it sets to this piezo-electricity / electrostriction device 10A. tabular [the tabular configuration of a device is / like before] (displacement configuration where the thickness of the direction which intersects perpendicularly with a direction is small) -- not but Moving part 20 and a fixed part 22 are presenting the configuration of a rectangular parallelepiped in general, and since the sheet metal sections 16a and 16b of a pair are formed so that the side of moving part 20 and a fixed part 22 may continue, rigidity of Y shaft orientations of piezo-electricity / electrostriction device 10A can be alternatively made high.

[0100] That is, in this piezo-electricity / electrostriction device 10A, only actuation of the moving part 20 within a plane (inside of XZ plane) can be generated alternatively, and the actuation within YZ side of moving part 20 (the so-called actuation of the influence direction) can be controlled.

[0101] Next, each component of the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of this 1st operation is explained.

[0102] As moving part 20 mentioned above, it is the portion which operates based on the amount of drives of the sheet metal sections 16a and 16b, and various members are attached according to the purpose of using piezo-electricity / electrostriction device 10A. For example, if it is the case where piezo-electricity / electrostriction device 10A is used as a displacement element, the shield of an optical shutter etc. will be attached, and if it is especially used for positioning and the ringing inhibition mechanism of the magnetic head of a hard disk drive, the member which needs positioning of the suspension which has the slider which has the magnetic head and the magnetic head, and a slider will be attached.

[0103] A fixed part 22 is a portion which supports moving part 20 in sheet metal section 16a and 16b list as mentioned above, for example, when using for positioning of the magnetic head of said hard disk drive, the whole piezo-electricity / electrostriction device 10A are fixed to a fixed plate or a suspension

etc. which was attached in VCM (voice coil motor) and attached in the carriage arm and this carriage arm by carrying out support immobilization of the fixed part 22. Moreover, as shown in drawing 1, the terminals 32 and 34 for driving piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b and other members may be arranged at this fixed part 22.

[0104] Although it is not limited as a material which constitutes moving part 20 and a fixed part 22 especially as long as it has rigidity, the ceramics which can apply the ceramic green sheet laminated layers method mentioned later can be used suitably. Although the material which specifically used as the principal component such mixture besides being the material which uses zirconias including stabilized zirconia and partially stabilized zirconia, an alumina, a magnesia, silicon nitride, aluminum nitride, and titanium oxide as a principal component is mentioned, the material with which a mechanical strength and toughness use a zirconia, especially stabilized zirconia as a principal component in a high point, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are desirable. Moreover, in a metallic material, although it is not limited as long as it has rigidity, stainless steel, nickel, brass, cupronickel, bronze, etc. are mentioned.

[0105] That by which partial stabilization was carried out as follows in partially stabilized zirconia in the stabilization list at said stabilized zirconia list is desirable. namely, as a compound which carries out partial stabilization, a zirconia in a stabilization list Although a zirconia will be stabilized partially or completely by there being yttrium oxide, ytterbium oxide, cerium oxide, a calcium oxide, and a magnesium oxide, and making one of compounds [them] add and contain at least The stabilization of a zirconia made into the purpose is possible also by adding the stabilization not only combining addition of one kind of compound but combining these compounds.

[0106] In addition, as an addition of each compound, if it is in the case of yttrium oxide or ytterbium oxide 1-30-mol % -- preferably, if it is in the case of 1.5-10-mol % and cerium oxide 6-50-mol % -- preferably, if it is in the case of 8-20-mol % and a calcium oxide, or a magnesium oxide Although it is desirable % and to 5-40-mol consider as 5-20-mol % preferably, also especially in it, it is desirable to use yttrium oxide as a stabilizing agent, and it is desirable % and to 1.5-10-mol consider as 2-4-mol % still more preferably in that case. Moreover, although it is possible to add an alumina, a silica, a transition-metals oxide, etc. in 0.05 - 20wt% as additives, such as sintering acid, when adopting the baking unification by the film forming method as the formation technique of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, it is also desirable to add an alumina, a magnesia, a transition-metals oxide, etc. as an additive.

[0107] In addition, it is desirable to set preferably 0.05-3 micrometers of average crystal particle diameter of a zirconia to 0.05-1 micrometer so that a mechanical strength and the stable crystal phase may be obtained. Moreover, although the same ceramics as a fixed part 22 can be used for moving-part 20 list about the sheet metal sections 16a and 16b as mentioned above, constituting preferably using the same material substantially is advantageous when aiming at reduction of the reliability for a joint, the reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device 10A, and the complicatedness of manufacture.

[0108] The sheet metal sections 16a and 16b are portions driven with the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, as mentioned above. telescopic motion of the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which the sheet metal sections 16a and 16b are the members of the shape of sheet metal which has flexibility, and were arranged in the surface -- displacement -- crookedness -- it amplifies as displacement and has the function transmitted to moving part 20. Therefore, if the configuration and the quality of the material of the sheet metal sections 16a and 16b have flexibility and have the mechanical strength of the degree which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and they can be suitably chosen in consideration of the responsibility of moving part 20, and operability.

[0109] As for thickness d of the sheet metal sections 16a and 16b, it is desirable to be referred to as 2 micrometers - about 100 micrometers, and, as for the thickness which doubled the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b, it is desirable to be referred to as 7 micrometers - 500 micrometers. As for the thickness of 0.1-50 micrometers, and the

piezo-electricity / electrostriction layer 26, it is [the thickness of electrodes 28 and 30] desirable to be referred to as 3-300 micrometers. Moreover, as width of face b of the sheet metal sections 16a and 16b, 50 micrometers - 2000 micrometers are suitable.

[0110] On the other hand, if the configuration and the quality of the material of the sheet metal sections 16a and 16b have flexibility and have the mechanical strength of the degree which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and a metal is adopted preferably. In this case, as above-mentioned, to have flexibility and what is necessary is just the metallic material of 100 or more GPa of Young's modulus at the metallic material and concrete target which can be deformed by flexion.

[0111] Preferably, as an iron system material, it is desirable to constitute from stainless steel of the martensitic stainless steel of the ferritic stainless steel of the austenitic stainless steel of SUS301, SUS304, AISI653, and SUH660 grade, SUS430, and 434 grades, SUS410, and SUS630 grade, SUS631, and AISI632 grade, such as semi austenite, maraging stainless steel, and various spring steel materials. Moreover, as a non-iron system material, it is desirable to constitute from superelastic titanium alloys including a titanium-nickel alloy, brass, cupronickel, aluminum, a tungsten, molybdenum, beryllium copper, phosphor bronze, nickel, a ferronickel alloy, titanium, etc.

[0112] As the sheet metal sections 16a and 16b, like moving part 20 or a fixed part 22, when using the ceramics, a zirconia is suitable. Even if the material which uses stabilized zirconia as a principal component especially, and the material which uses partially stabilized zirconia as a principal component are thin meat, it is most suitably used from that a mechanical strength is large, that toughness is high, and reactivity with piezo-electricity / electrostriction layer 26, or electrode material being small.

[0113] Although piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b have the electrodes 28 and 30 of the pair for applying electric field to piezo-electricity / electrostriction layer 26, and this the piezo-electricity / electrostriction layer 26 at least and piezo-electricity / electrostriction elements, such as a uni-morph mold and a bimorph mold, can be used for them. It excels in the stability of the amount of displacement to generate, and since it is advantageous to lightweight-izing, the direction of the uni-morph mold combined with the sheet metal sections 16a and 16b is suitable for such piezo-electricity / electrostriction device 10A.

[0114] For example, as shown in drawing 1, the piezo-electricity / electrostriction element by which the laminating of one electrode 28, the piezo-electricity / electrostriction layer 26, and the electrode 30 of another side was carried out to the shape of a layer can be used suitably, and also as shown in drawing 5 - drawing 9, you may make it a multistage configuration. In this case, the location gap of the film (electrode layer) which constitutes electrodes 28 and 30, i.e., a location gap of the direction of a field in the perpendicular plane of projection in every other [28], for example, an electrode, layer, is 50 micrometers or less. As for this, the same is said of an electrode 30.

[0115] As said piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are shown in drawing 1, although it is desirable, in that the direction formed in the external surface side of piezo-electricity / electrostriction device 10A can make the sheet metal sections 16a and 16b drive more greatly. According to a use gestalt etc., you may form in the inside side of piezo-electricity / electrostriction device 10A, i.e., the internal surface of a pore 12, and may form in the both sides by the side of the external surface of piezo-electricity / electrostriction device 10A, and an inside.

[0116] Although electrostrictive ceramics is suitably used for piezo-electricity / electrostriction layer 26, it is also possible to use the electrostriction ceramics, the ferroelectric ceramics, or the antiferroelectric crystal ceramics. However, since linearity with the amount of displacement of moving part 20, driver voltage, or output voltage is made important when using this piezo-electricity / electrostriction device 10A for positioning of the magnetic head of a hard disk drive etc., it is desirable to use the small material of distortion hysteresis, and it is desirable that a coercive electric field uses a material 10kV [mm] or less.

[0117] The ceramics which is independent or contains lead zirconate, lead titanate, magnesium niobic acid lead, nickel niobic acid lead, zinc niobic acid lead, manganese niobic acid lead, antimony stannic-acid lead, a manganese lead wolframate, cobalt niobic acid lead, barium titanate, a titanate-acid sodium bismuth, niobic acid potassium sodium, a tantalate acid strontium bismuth, etc. as mixture as a concrete

material is mentioned.

[0118] When it has a high electromechanical coupling coefficient and a high piezoelectric constant, the sheet metal sections 16a and 16b are used as the ceramics and it really calcinates piezo-electricity / electrostriction layer 26 especially, reactivity with the sheet metal sections 16a and 16b (ceramics) is small, and the material which uses lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead as a principal component, or the material which uses a titanate-acid sodium bismuth as a principal component is suitably used in the point that the thing of the stable presentation is obtained.

[0119] Furthermore, the ceramics which is independent or mixed the compound which contains in said material oxides, such as a lanthanum, calcium, strontium, molybdenum, a tungsten, barium, niobium, zinc, nickel, manganese, a cerium, cadmium, chromium, cobalt, antimony, iron, an yttrium, a tantalum, a lithium, a bismuth, and tin, or at least one component which finally serves as an oxide may be use.

[0120] For example, an advantage, like adjustment of a coercive electric field and a piezo-electric property is attained can be acquired by making the lead zirconate, lead titanate, and magnesium niobic acid lead which are a principal component contain a lanthanum and strontium.

[0121] In addition, as for addition of materials which are easy to vitrify, such as a silica, avoiding is desirable. It is because materials, such as a silica, tend to react with piezo-electricity / electrostriction material at the time of heat treatment of piezo-electricity / electrostriction layer, the presentation is fluctuated and a piezo-electric property is degraded.

[0122] On the other hand, the electrodes 28 and 30 of the pair of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b Are a solid-state at a room temperature and it is desirable to consist of metals excellent in conductivity. For example, aluminum, titanium, chromium, iron, cobalt, nickel, copper, Zinc, niobium, molybdenum, a ruthenium, palladium, a rhodium, silver, Metal simple substances, such as tin, a tantalum, a tungsten, iridium, platinum, gold, and lead, or these alloys are used, and the cermet material which made these distribute the ceramics of the same material as piezo-electricity / electrostriction layer 26 or a different material further may be used.

[0123] It opts for the material selection of the electrodes 28 and 30 in piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b depending on the formation method of piezo-electricity / electrostriction layer 26. For example, when forming piezo-electricity / electrostriction layer 26 by baking on one [this] electrode 28 after forming one electrode 28 on sheet metal section 16a and 16b Although it is necessary to use refractory metals, such as platinum which does not change in the burning temperature of piezo-electricity / electrostriction layer 26, palladium, a platinum-palladium alloy, and a silver-palladium alloy, for one electrode 28 Since the electrode 30 of another side in the case of being located in the outermost layer formed on this piezo-electricity / electrostriction layer 26 after forming piezo-electricity / electrostriction layer 26 can perform electrode formation at low temperature, low melting point metals, such as aluminum, gold, and silver, can be used for it.

[0124] When said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 are stuck with adhesives 202 to the sheet metal sections 16a and 16b, after the laminating of piezo-electricity / electrostriction layer 26, and the electrodes 28 and 30 (electrode layer) is carried out to a multilayer and made one, being calcinated by package is desirable and the electrodes 28 and 30 in that case use refractory metals, such as platinum, palladium, and those alloys. Moreover, as for electrodes 28 and 30, it is desirable to consider as a refractory metal, piezo-electricity / electrostriction material, or the cermet that is mixture with other ceramics.

[0125] Moreover, as for the thickness of electrodes 28 and 30, it is desirable to use materials, such as the organic metal paste with which a precise and thinner film is obtained after baking, for example, a golden resinate paste, a platinum resinate paste, and a silver resinate paste, for the electrode in which the factor which reduces the displacement of piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b not a little is formed after baking of a sake, especially the piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0126] Next, some manufacture methods of of the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation are explained, referring to drawing 16 A - drawing 23 .

[0127] The piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation make metal the sheet metal sections 16a and 16b, and is using the component of moving part 20 and a

fixed part 22 as the ceramics. Therefore, remove piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in sheet metal section 16a and 16b list as a component of piezo-electricity / electrostriction device 10A. It is desirable to manufacture using a ceramic green sheet laminated layers method about a fixed part 22 and moving part 20, and it is desirable to manufacture on the other hand using the film formation technique, such as a thin film and a thick film, about each terminals 32 and 34 including piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b.

[0128] And fixing of moving part 20 and the sheet metal sections 16a and 16b to the side of a fixed part 22 has desirable fixing by adhesives 200, and is [fixing of the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b to sheet metal section 16a and 16b top] desirable. [of fixing by adhesives 202]

[0129] According to the ceramic green sheet laminated layers method which can fabricate the moving part 20 and the fixed part 22 of piezo-electricity / electrostriction device 10A in one, since the change of state of the joint of each part material with time hardly arises, the reliability like a joint is a high and method advantageous to rigid reservation.

[0130] In the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of this 1st operation, since the boundary portion of the sheet metal sections 16a and 16b and moving part 20 serves as the supporting point of a displacement manifestation at the boundary partial list of the sheet metal sections 16a and 16b and a fixed part 22, the reliability of these boundary portion is the important point which influences the property of piezo-electricity / electrostriction device 10A.

[0131] since [moreover,] the manufacture method shown below is excellent in productivity or a moldability -- the piezo-electricity / electrostriction device of a predetermined configuration -- a short time -- and it can obtain with sufficient repeatability.

[0132] Hereafter, the 1st manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device 10A which starts the gestalt of the 1st operation concretely is explained. Here, the definition is carried out. The layered product obtained by carrying out the laminating of the ceramic green sheet is defined as the ceramic green layered product 158 (for example, refer to drawing 16 B). What calcinated this ceramic green layered product 158, and was unified is defined as the ceramic layered product 160 (for example, refer to drawing 17 A). What stuck the ceramic layered product 160 and the metal plate is defined as the hybrid layered product 162 (refer to drawing 18). The thing which excises an unnecessary portion from this hybrid layered product 162 and by which the fixed part 22 was united with moving part 20, sheet metal section 16a, and 16b list is defined as base 14D (refer to drawing 19).

[0133] Moreover, in this 1st manufacture method, finally the hybrid layered product 162 is cut per chip, and although much piezo-electricity / electrostriction device 10A are taken and carried out, in order to simplify explanation, it explains by making one-piece picking of piezo-electricity / electrostriction device 10A into a subject.

[0134] First, addition mixing of a binder, a solvent, a dispersant, the plasticizer, etc. is carried out at ceramic powder, such as a zirconia, a slurry is produced, and the ceramic green sheet which has predetermined thickness for this by methods, such as the reverse roll coater method and a doctor blade method, after degassing processing is produced.

[0135] Next, a ceramic green sheet is processed into various configurations like drawing 16 A by methods using metal mold, such as blanking processing and laser beam machining. On the ceramic green sheet for base formation of two or more sheets, and a concrete target The ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 which forms a pore 12 behind at least was formed, The window part 100 for forming the window part 54 which forms a pore 12 behind, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually prepares the ceramic green sheet 102 by which continuation formation was carried out.

[0136] then, it is shown in drawing 16 B -- as -- ceramic green sheet 50A- the laminating and sticking by pressure of 50D and 102 are done, and it considers as the ceramic green layered product 158. In this laminating, the ceramic green sheet 102 is located in the center, and carries out a laminating. Then, the ceramic green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 17 A, the ceramic layered product 160 is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 by window parts 54 and 100 was formed at the ceramic layered product 160.

[0137] Next, as shown in drawing 17 B, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which were constituted as another object are pasted up on the surface of the metal plates 152A and 152B which serve as the sheet metal section, respectively with the epoxy system adhesives 202.

[0138] Next, as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with the adhesives 200 of an epoxy system, and it considers as the hybrid layered product 162 (refer to drawing 18) so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B.

[0139] Next, as shown in drawing 18, the flank and point of the hybrid layered product 162 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the hybrid layered products 162 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. By this excision, as shown in drawing 19, the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in the sheet metal sections 16a and 16b which consisted of metal plates among base 14D, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed are obtained.

[0140] The window part 100 for forming the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter as mutually on the other hand as the ceramic green sheets 50A-50D of two or more sheets (for example, four sheets) with which the window part 54 in which the 2nd manufacture method forms a pore 12 behind at least as first shown in drawing 20 A was formed, and the window part 54 which forms a pore 12 in behind prepares the ceramic green sheet 102 by which continuation formation was carried out.

[0141] then, it is shown in drawing 20 B -- as -- ceramic green sheet 50A- the laminating and sticking by pressure of 50D and 102 are done, and it considers as the ceramic green layered product 158. Then, the ceramic green layered product 158 is calcinated, and as shown in drawing 21 A, the ceramic layered product 160 is obtained. At this time, it becomes the form where the pore 130 by window parts 54 and 100 was formed at the ceramic layered product 160.

[0142] Next, as shown in drawing 21 B, as a pore 130 is closed, these metal plates 152A and 152B are pasted up on the ceramic layered product 160 with the adhesives 200 of an epoxy system, and it considers as the hybrid layered product 162 so that the ceramic layered product 160 may be put with metal plates 152A and 152B. In case piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b are stuck on the surface of the pasted-up metal plates 152A and 152B at this time, as shown in drawing 21 A, a pore 130 is filled up with a filler 164 if needed, so that sufficient adhesion pressure may be put.

[0143] Since it is finally necessary to remove a filler 164, it is easy to dissolve in a solvent etc., and it is desirable that it is a hard material, for example, organic resin, a wax, a low, etc. are mentioned. Moreover, the material which mixed ceramic powder as a filler is also employable as organic resin, such as an acrylic.

[0144] Next, as shown in drawing 21 B, the piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b which were formed in the surface of the metal plates 152A and 152B in the hybrid layered product 162 as another object are pasted up with the adhesives 202 of an epoxy system. The piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b of another object can be formed with for example, a ceramic green sheet laminated layers method and a printing multilayer method.

[0145] Next, as shown in drawing 22, the flank and point of the hybrid layered product 162 are excised by cutting along with cutting plane lines C1, C2, and C5 among the hybrid layered products 162 in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed. By this excision, as shown in drawing 23, the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation in which piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b were formed in the sheet metal sections 16a and 16b which consisted of metal plates among base 14D, and the moving part 20 which has the end faces 36a and 36b which counter mutually was formed are obtained.

[0146] Moreover, what is necessary is to form the part equivalent to the ceramic layered product 160 in drawing 17 A by casting, in using all the base sections as a metal, and also to form a bulk-like member by the method of a grinding process, a wire electron discharge method, metal mold blanking processing, and chemical etching, or to carry out the laminating of the sheet metal-like metal, and just to form by the

cladding method.

[0147] Next, it explains, referring to drawing 24 - drawing 52 about the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of the 2nd operation.

[0148] As shown in drawing 24 , the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation possess the sheet metal sections 16a and 16b of the pair which carries out phase opposite, and the fixed part 22 which supports these sheet metal sections 16a and 16b, and among the sheet metal sections 16a and 16b of said pair, laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is arranged by one sheet metal section 16a, and it is constituted. In addition, since laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 has complicated structure, drawing 24 and drawing 25 are simplified and shown, and the detailed enlarged view has been shown in drawing 26 - drawing 29 .

[0149] Between each back end section of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, a fixed part 22 fixes with adhesives 200, and each point of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair serves as an open end.

[0150] Between each point in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, as shown in drawing 25 , moving part 20, or an above-mentioned various member and above-mentioned various components fix through adhesives 200. The example of drawing 25 shows the example which fixed the moving part 20 which consisted of same members as a fixed part 22 between each point in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair through adhesives 200.

[0151] The sheet metal sections 16a and 16b of a pair consist of metals, respectively, and are constituted by a fixed part 22 and moving part 20 using the ceramics or a metal. More nearly especially than the thickness of sheet metal section 16b of another side, in the example of drawing 24 or drawing 25 , laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is formed for while among the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, and let thickness of sheet metal section 16a be size.

[0152] Moreover, laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is stuck to sheet metal section 16a with the adhesives 202, such as organic resin, glass, low attachment, soldering, and eutectic bonding. That is, when said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 fix through adhesives 202 to metal sheet metal section 16a, the actuator section 204 which is the driving source of piezo-electricity / electrostriction device 10B will be constituted.

[0153] And the point (portion in which moving part 20 was attached) in sheet metal section 16a (the example of drawing 25 16a and 16b) displaces this piezo-electricity / electrostriction device 10B by the drive of the actuator section 204. Or the displacement of the point in sheet metal section 16a will be electrically detected through the actuator section (it is the DORANSUDEYUSA section when using it as a sensor) 204. In this case, it will be used as a sensor.

[0154] As shown in drawing 26 , the electrodes 28 and 30 of a pair are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively, the laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is carried out by turns, respectively, and, as for laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, the portion to which one [these] electrode 28 and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between is considered as the multistage configuration.

[0155] In drawing 26 , the electrodes 28 and 30 of a pair are made into multilayer structure at piezo-electricity / electrostriction layer 26 list, respectively, the laminating of one electrode 28 and the electrode 30 of another side is alternately carried out, respectively so that it may become cross-section **** ctenidium-like, and the portion to which one [these] electrode 28 and the electrode 30 of another side lap on both sides of piezo-electricity / electrostriction layer 26 in between is considered as the multistage configuration.

[0156] In detail, said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 present a rectangular parallelepiped configuration mostly, and consists of two or more piezo-electricity / electrostriction layer 26, and electrode layers 28 and 30. And the electrode layers 28 and 30 which touch the vertical side of each piezo-electricity / electrostriction layer 26 are alternately drawn by the opposite end faces 208 and 209, respectively. The end-face electrodes 28c and 30c which connect electrically each electrode layers 28 and 30 drawn by the alternate opposite end faces 208 and 209 concerned It is prepared in the surface

of the piezo-electricity / electrostriction layer 26 of the outermost layer, and connects with the terminal areas 28b and 30b which only the predetermined distance D_k leaves and by which it has been arranged electrically.

[0157] As for the predetermined distance D_k between said terminal area 28b and 30b, it is desirable that it is 20 micrometers or more. Moreover, you may make it change the quality of the material of electrode layers 28 and 30 and the quality of the material of the end-face electrodes 28c and 30c which touch the vertical side of piezo-electricity / electrostriction layer 26. Moreover, you may make it connect electrically one [at least] terminal area (the example of drawing 26 terminal area 28b), this terminal area 28b, and corresponding end-face electrode 28c by 28d (outside-surface electrode) of electrode layers of a thin film thinner than these terminal area 28b and end-face electrode 28c.

[0158] Moreover, 28d of electrode layers of the surface formed after baking of piezo-electricity / electrostriction layer 26, the end-face electrodes 28c and 30c, and terminal areas 28b and 30b are good also as a heat-resistant low thing thinner than the electrode layers 28 and 30 which are formed before baking of piezo-electricity / electrostriction layer 26, or are calcinated by coincidence and.

[0159] This drawing 26 shows the example which made piezo-electricity / electrostriction layer 26 5 layer structures, formed one electrode 28 in the shape of a ctenidium so that it might be located in the upper surface of the 1st layer, the upper surface of the 3rd layer, and the upper surface of the 5th layer, and formed the electrode 30 of another side in the shape of a ctenidium so that it might be located in the upper surface of a two-layer eye, and the upper surface of the 4th layer.

[0160] Moreover, drawing 28 shows the example which similarly made piezo-electricity / electrostriction layer 26 5 layer structures, formed one electrode 28 in the shape of a ctenidium so that it might be located in the upper surface of the 1st layer, the upper surface of the 3rd layer, and the upper surface of the 5th layer, and formed the electrode 30 of another side in the shape of a ctenidium so that it might be located in the inferior surface of tongue of the 1st layer, the upper surface of a two-layer eye, and the upper surface of the 4th layer.

[0161] Since the increment in the number of terminals can be controlled in one electrode 28 list by carrying out the bond communalization of the electrode 30 comrades of another side, respectively in these configurations, enlargement of the size by having used laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 can be suppressed.

[0162] Thus, while the driving force of the actuator section 204 increases and has and about is planned very much by using laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, high resonance frequency-ization is attained and improvement in the speed of displacement actuation can attain easily because the rigidity of the piezo-electricity / the electrostriction device 10B itself increases.

[0163] In addition, what is necessary is just to decide a number of stages etc. suitably according to a use and a busy condition, in carrying out in order for power consumption to also increase in connection with it although increase of the driving force of the actuator section 204 is achieved if a number of stages is made [many]. moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation Even if it raises the driving force of the actuator section 204 by using laminating piezo-electricity / electrostriction element 24, fundamentally the width of face (distance of Y shaft orientations) b of the sheet metal sections 16a and 16b Since it is eternal, For example, when applying to actuators, such as positioning of the magnetic head for hard disks used in a very narrow gap, and ringing control, it becomes a very desirable device.

[0164] It is related with the formation location of the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 to sheet metal section 16a here. The location where the apical surface 208 of the multilayer object which constitutes said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 does not contain a fixed part 22 at least superficially (in the example of drawing 25) In the location included in the hole formed between moving part 20 and a fixed part 22 The back end side 209 of the multilayer object which constitutes said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 It is the location which contains a fixed part 22 at least superficially, and edge 28a of an electrode 28 is a location which contains a fixed part 22 at least superficially. As for edge 30a of an electrode 30, it is desirable to be formed in the location (location included in the hole similarly formed between moving

part 20 and a fixed part 22 in the example of drawing 25) which does not contain a fixed part 22 superficially.

[0165] In addition, impression of the voltage to the electrodes 28 and 30 of a pair is performed through the edge (terminal areas 28b and 30b) of each electrodes 28 and 30 formed on layer [5th] piezo-electricity / the electrostriction layer 26. Each terminal areas 28b and 30b are estranged and formed in the degree which can be insulated electrically.

[0166] The predetermined gap Dk of terminal areas 28b and 30b has desirable 20 micrometers or more, and when the thickness of terminal areas 28b and 30b is 1 micrometer - 30 micrometers, its 50 micrometers or more are still more desirable. Moreover, even if terminal areas 28b and 30b are the quality of the materials which are different even if it is the same quality of the material as internal electrodes 28 and 30, they are not cared about. For example, what is necessary is to consider as the same quality of the material, and just to consider as the different quality of the material in another baking, when carrying out coincidence baking with piezo-electricity / electrostriction layer 26.

[0167] As for the end-face electrodes 28c and 30c, it is desirable for grinding, polishing, etc. to make after baking of piezo-electricity / electrostriction layer 26 and these end faces an internal electrode 28 and 30 lists, and to connect an internal electrode and an end-face electrode electrically. The quality of the material of the end-face electrodes 28c and 30c may be the same as internal electrodes 28 and 30, and you may differ. For example, to a platinum paste and 28d of outside-surface electrodes, although it is desirable to internal electrodes 28 and 30 to use a golden paste for terminal areas 28b and 30b, the almost same configuration as the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation mentioned above can also be taken in golden resinate and end-face electrode 28c and 30c list at them.

[0168] In this case, immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10B can be separately performed using a field other than the field where terminal areas 28b and 30b have been arranged, respectively, and high reliability can be acquired as a result to the both sides of immobilization of piezo-electricity / electrostriction device 10B, and the electrical installation between a circuit, terminal area 28b, and 30b. In this configuration, electrical installation of terminal areas 28b and 30b and a circuit is performed by a flexible printed circuit, a flexible flat cable, wirebonding, etc.

[0169] Thus, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of the 2nd operation. Since laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is made to fix through adhesives 202 and he is trying to constitute the actuator section 204 on metal sheet metal section 16a, Even if it does not extend the area on the plane of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, displacement of the sheet metal section 16a (and 16b) can be carried out greatly, and moreover, since sheet metal section 16a (and 16b) is metal, it excels in reinforcement or toughness and can respond also to rapid displacement actuation.

[0170] That is, with the gestalt of this 2nd operation, it can fully respond also in fluctuation and the severe busy condition of an operating environment. While being able to excel in shock resistance, being able to aim at reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device 10B, and improvement in handling nature and being able to carry out displacement of the sheet metal section 16a (and 16b) greatly by the low battery relatively moreover the rigidity of sheet metal section 16a (and 16b) -- high -- moreover, the thickness of the actuator section 204 -- thick -- since rigidity is high -- the displacement of sheet metal section 16a (and 16b) -- improvement in the speed (raise in resonance frequency) of operation can be made to attain

[0171] Usually, in the actuator section 204 which combined sheet metal section 16a, and the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 which carries out distortion deformation, it is required to raise the rigidity of the actuator section 204 for driving this at a high speed, and it is required for obtaining big displacement to lower the rigidity of the actuator section 204.

[0172] However, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation. Make the sheet metal sections 16a and 16b which constitute the actuator section 204 counter, and it considers as the sheet metal sections 16a and 16b of a pair. Between each back end section of the sheet metal sections 16a and 16b of this pair, fix a fixed part 22 with adhesives 200, make

laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 into a multilevel structure, and the location of the laminating mold piezo-electricity / the electrostriction element 24 concerned and the quality of the material of a configuration member, and magnitude are chosen suitably. It becomes possible, since piezo-electricity / electrostriction device 10B was constituted to reconcile the above opposite properties. The minimum resonance frequency of the structure in case the body of comparable magnitude intervenes substantially with a fixed part 22 between the open ends of the sheet metal sections 16a and 16b of said pair is 20kHz or more. The amount of relative displacements of said body and fixed part 22 becomes possible [being referred to as 0.5 micrometers or more by ontic applied-voltage 30V on 1/4 or less frequency of said resonance frequency].

[0173] Consequently, while being able to carry out displacement of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair greatly, improvement in the speed (raise in resonance frequency) of displacement actuation of piezo-electricity / electrostriction device 10B, especially the sheet metal sections 16a and 16b of a pair can be made to attain.

[0174] Moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation, in order for the minute displacement of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 to be amplified by big displacement actuation using bending of the sheet metal sections 16a and 16b and to transmit to moving part 20, moving part 20 becomes possible [carrying out displacement greatly to the major axis m of piezo-electricity / electrostriction device 10B (referring to drawing 14)].

[0175] Moreover, in the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation, since the piezo-electricity / electrostriction material which be a brittle and comparatively heavy material do not need to constitute all portions, a mechanical strength be high, be excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance, and have on actuation the advantage of be hard to be influence of a harmful vibration (for example, residual vibration and noise vibration at the time of a fast operation).

[0176] Moreover, when attaching a various member and various components in this piezo-electricity / electrostriction device 10B since the point of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair is used as the open end as shown in drawing 24, the point of the sheet metal sections 16a and 16b of said pair can be used, and as a member and components are put, they can be attached by these points. In this case, the large clamp-face product of a member or components can be taken, and the attachment nature of components can be raised. And since the member attached and components become the form included in sheet metal section 16a of a pair, and 16b, magnitude of the direction of Y of piezo-electricity / electrostriction device after attaching a member and components can be made small, and it becomes advantageous in a miniaturization.

[0177] Of course, as shown in drawing 25, when moving part 20 is fixed between each point in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, a various member and various components will fix through adhesives to one principal plane of moving part 20.

[0178] Moreover, it is the location where the apical surface 208 of the multilayer object which constitutes said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 does not contain a fixed part 22 at least superficially in the gestalt of this 2nd operation. It is the location which contains a fixed part 22 at least superficially, edge 28a of an electrode 28 is a location which contains a fixed part 22 at least superficially, and he is trying for the back end side 209 of said multilayer object to form edge 30a of an electrode 30 in the location which does not contain a fixed part 22 superficially.

[0179] For example, although there is a possibility that displacement actuation of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair may be restricted by laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and it may become impossible to obtain big displacement when each edge of the electrodes 28 and 30 of a pair is formed in the location included in moving part 20 With the gestalt of this 2nd operation, since it is considering as above-mentioned physical relationship, un-arranging [that displacement actuation of moving part 20 is restricted] is avoided, and the amount of displacement of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair can be enlarged.

[0180] Next, the desirable example of a configuration of the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of the 2nd operation is explained. About the desirable example of a

configuration, since it is almost the same as the piezo-electricity / electrostriction device 10A concerning the gestalt of the 1st operation mentioned above, only the desirable example of a configuration peculiar to the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation is explained.

[0181] First, it sets to the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of this 2nd operation. When the configuration of this piezo-electricity / electrostriction device 10B forms not tabular [like before] but the moving part 20, Since moving part 20 and a fixed part 22 are presenting the configuration of a rectangular parallelepiped, the sheet metal sections 16a and 16b of a pair are formed so that the side of moving part 20 and a fixed part 22 may continue, and it has rectangular cyclic structure, rigidity of Y shaft orientations of piezo-electricity / electrostriction device 10B can be alternatively made high.

[0182] That is, in this piezo-electricity / electrostriction device 10B, only actuation of the moving part 20 within a plane (inside of XZ plane) can be generated alternatively, and the actuation within YZ side of the sheet metal sections 16a and 16b of a pair (the so-called actuation of the influence direction) can be controlled.

[0183] As for the sheet metal sections 16a and 16b, it is desirable that it is a metal, and although a fixed part 22 and moving part 20 may be dissimilar materials, it is more desirable that it is a metal. Although the sheet metal sections 16a and 16b, a fixed part 22 and the sheet metal sections 16a and 16b, and moving part 20 may paste up with organic resin, low material, solder, etc., diffused junction or its integral construction made to weld is more desirable between metals. Furthermore, when the metal by which cold rolling processing was carried out is used, since many rearrangements exist, it is high intensity, and still more desirable.

[0184] Moreover, with the gestalt of this 2nd operation, since laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 was formed only in one sheet metal section 16a, as shown in drawing 30 , as compared with what formed piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair, respectively (modification), it is cheaply producible. Furthermore, since sheet metal section 16a with large thickness in which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 was formed will displace directly and sheet metal section 16b with thin thickness in which this is interlocked with and laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is not formed will displace when it sees with the gestalt of this 2nd operation, where moving part 20 is fixed, displacement can be carried out more greatly.

[0185] Moreover, although formation of the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 to sheet metal section 16a can be realized by pasting up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 on sheet metal section 16a with organic resin, low material, solder, etc., when you may make it paste up at an elevated temperature, low material, solder, glass, etc. are desirable [when making it paste up at low temperature, organic resin is desirable, and]. However, since coefficient of thermal expansion generally differs in many cases, in order to make it not make laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 produce the stress by the difference of coefficient of thermal expansion, the low thing of adhesion temperature is desirable [sheet metal section 16a, the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and adhesives 202]. If it is organic resin, since it can paste up, it will be preferably adopted in general at the temperature of 180 degrees C or less. Furthermore, it is desirable preferably to use the adhesives of a room-temperature-curing mold. Moreover, immobilization with the sheet metal sections 16a and 16b, and the piezo-electricity / electrostriction element 24 can reduce effectively distortion generated between dissimilar materials, if a fixed part 22 or moving part 20 is the structure of an open sand mold in coincidence immobilization after immobilization with a fixed part 22, moving part 20, and the sheet metal sections 16a and 16b.

[0186] In order to make it not exert thermal stress on laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, organic resin performs adhesion with laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and sheet metal section 16a, and, as for immobilization of the sheet metal sections 16a and 16b, a fixed part 22, or moving part 20, it is desirable to make it another production process.

[0187] Moreover, as shown in drawing 31, when a part of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 are located in a fixed part 22, it sets. The minimum distance between the boundary portions of the boundary portion with moving part 20 and fixed part 22 in the sheet metal sections 16a and 16b of a pair La, When shortest distance is set to L_b among the distance from the boundary portion of moving part 20 and sheet metal section 16a to one in the electrodes 28 and 30 of the pair of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 of edge 28a or 30a, It is desirable that $(1 - L_b/L_a)$ is 0.4 or more, and 0.5-0.8 are more desirable. The case of 0.4 or less cannot take large displacement. In the case of 0.5-0.8, coexistence of displacement and resonance frequency tends to attain, but the thing of the structure where laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 was formed only in one sheet metal section 16a in this case is more suitable. This is the same when a part of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 are located in moving part 20.

[0188] As for the total thickness of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, it is desirable to be referred to as 40 micrometers or more. It is difficult to paste up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 on sheet metal section 16a as it is less than 40 micrometers. Moreover, said total thickness has desirable 180 micrometers or less. If 180 micrometers is exceeded, the miniaturization of piezo-electricity / electrostriction device 10B will become difficult.

[0189] When using metals, such as low material and solder, as adhesives 202, as shown in drawing 28 or drawing 29, as for the portion which touches sheet metal section 16a among laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, it is desirable that an electrode layer exists in the lowest layer from wettability relation. Drawing 28 and drawing 29 show the condition of having arranged the electrode layer which constitutes the electrode 30 of another side.

[0190] moreover, the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 shown in drawing 26 or drawing 28 are shown in drawing 27 or drawing 29, when pasting sheet metal section 16a through metal layers, such as low material and solder, -- as -- the inferior surface of tongue of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 -- it is desirable to bevel the corner in which one [at least] electrode 28 exists inside. This is for preventing that the electrodes 28 and 30 of a pair short-circuit through metal layer and sheet metal section 16a. Drawing 27 shows the example which beveled two corners in which the electrodes 28 and 30 of a pair exist, and drawing 29 shows the example which beveled the corner in which one electrode 28 exists.

[0191] As adhesives 200 for pasting up adhesives 202 and the sheet metal sections 16a and 16b for pasting up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 on sheet metal section 16a on fixed part 22 grade Instantaneous adhesives, such as epoxy, reactant 2 liquid type adhesives like an isocyanate system, and a cyanoacrylate system, Although hot melt adhesive, such as an ethylene-vinylacetate copolymer, etc. is sufficient, as adhesives 202 for pasting up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 on sheet metal section 16a especially, 80 or more things have a desirable degree of hardness at Shore D.

[0192] Moreover, it is desirable to consider as the organic adhesives containing fillers, such as a metal and ceramics, as adhesives 202 on which the sheet metal sections 16a and 16b, and the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 (24a and 24b) are pasted up. In this case, as for the thickness of adhesives 202, it is desirable to make it the thickness of 100 micrometers or less. It is because the thickness of a substantial pitch becoming small and the degree of hardness of adhesives can be kept high by making a filler contain.

[0193] As adhesives 200 and 202, inorganic adhesive besides above-mentioned organic adhesives may be used, and there are glass, cement, solder, low material, etc. as this inorganic adhesive.

[0194] On the other hand, if the configuration and the quality of the material of the sheet metal sections 16a and 16b have flexibility and have the mechanical strength of the degree which is not damaged by flexion deformity, it is sufficient for them, and a metal is adopted preferably. In this case, as above-mentioned, to have flexibility and what is necessary is just the metallic material of 100 or more GPa of Young's modulus at the metallic material and concrete target which can be deformed by flexion.

[0195] Preferably, as an iron system material, it is desirable to constitute from stainless steel of the martensitic stainless steel of the ferritic stainless steel of the austenitic stainless steel of SUS301,

SUS304, AISI653, and SUH660 grade, SUS430, and 434 grades, SUS410, and SUS630 grade, SUS631, and AISI632 grade, such as semi austenite, maraging stainless steel, and various spring steel materials. Moreover, as a non-iron system material, it is desirable to constitute from superelastic titanium alloys including a titanium-nickel alloy, brass, cupronickel, aluminum, a tungsten, molybdenum, beryllium copper, phosphor bronze, nickel, a ferronickel alloy, titanium, etc.

[0196] Next, some manufacture methods for producing the piezo-electricity / electrostriction device 10B concerning the gestalt of the 2nd operation are explained, referring to drawing 32 - drawing 40.

[0197] First, as shown in drawing 32, the 3rd manufacture method drills the hole 252 of the shape of a 1mm long and 8mm wide rectangle in the center section of the stainless plate 250 with a 10mm[1.6mm by] x thickness of 0.9mm, and produces the base 258 which has the cyclic structure of the rectangle matched with supporters 254 and 256 for the both sides of this hole 252, respectively.

[0198] Then, as shown in drawing 33, the 1st stainless steel sheet metal 260 with a 10mm[1.6mm by] x thickness of 0.05mm and the 2nd stainless steel sheet metal 262 (refer to drawing 35) with a 10mm [1.6mm by] x thickness of 0.02mm are prepared.

[0199] Then, as shown in drawing 33, adhesives 202 (for example, adhesives made of an epoxy resin) are formed in the portion in which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is formed among the upper surfaces of the 1st stainless steel sheet metal 260 by screen-stencil. Then, as shown in drawing 34, laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is pasted up on the 1st stainless steel sheet metal 260 through adhesives 202.

[0200] Then, as shown in drawing 35, adhesives 200 (for example, adhesives made of an epoxy resin) are formed by screen-stencil on each supporter 254 of a base 258, and 256.

[0201] Then, adhesives 200 are minded on one field of each supporters 254 and 256. The 1st stainless steel sheet metal 260 with which said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 are already formed is pasted up. The 2nd stainless steel sheet metal 262 is pasted up through adhesives 200 on the field of another side of each supporters 254 and 256, and the device original recording 270 which pressurizes in the direction which sandwiches a base 258 and shows these [1st] and the 2nd stainless steel sheet metal 260 and 262 further to drawing 36 is produced. In addition, welding pressure is 0.1 - 10 kgf/cm².

[0202] Then, as shown in drawing 36, the device original recording 270 is cut in the portion of a cutting plane line 272, and it separates into each piezo-electricity / electrostriction device 10B as shown in drawing 25. This cutting processing was performed using 0.1mm of wire sizes, and a wire saw with a gap of 0.2mm. Although materials differ by using a wire saw, respectively, the width of face of adhesives 200 and 202 can be specified in the width-of-face list of the width of face of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and sheet metal section 16a almost identically.

[0203] Next, as shown in drawing 37, the 4th manufacture method drills the hole 252 of the shape of a 1mm long and 8mm wide rectangle in the center section of the stainless plate 250 with a 10mm[1.6mm by] x thickness of 0.9mm, and produces the base 258 which has the cyclic structure of the rectangle matched with supporters 254 and 256 for the both sides of this hole 252, respectively.

[0204] Then, adhesives 200 (for example, adhesives made of an epoxy resin) are formed by screen-stencil on each supporter 254 of a base 258, and 256.

[0205] Then, as shown in drawing 38, the 1st stainless steel sheet metal 260 with a 10mm[1.6mm by] x thickness of 0.05mm is pasted up through adhesives 200 on one field of each supporters 254 and 256. The 2nd stainless steel sheet metal 262 with a 10mm[1.6mm by] x thickness of 0.02mm is pasted up through adhesives 200 on the field of another side of each supporters 254 and 256, and these [1st] and the 2nd stainless steel sheet metal 260 and 262 are further pressurized in the direction which sandwiches a base 258. In addition, welding pressure is 0.1 - 10 kgf/cm².

[0206] Then, adhesives 202 (for example, adhesives made of an epoxy resin) are formed in the portion in which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is formed among the upper surfaces of the 1st stainless steel sheet metal 260 by screen-stencil.

[0207] Then, as shown in drawing 40, laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is pasted up on the 1st stainless steel sheet metal 260 through adhesives 202, and the device original

recording 270 is produced.

[0208] Then, as shown in drawing 36, the device original recording 270 is cut in the portion of a cutting plane line 272, and it separates into each piezo-electricity / electrostriction device 10B as shown in drawing 25.

[0209] When a part of piezo-electricity / electrostriction device 10B (for example, fixed part 22) produced by these [3rd] and the 4th manufacture method were fixed, bias voltage 15V and sinusoidal-voltage**15V were impressed between the electrode 28 of the pair of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and 30 and the displacement of moving part 20 was measured, it was **1.2 micrometers. Moreover, it was 50kHz when the lowest resonance frequency which carries out the sweep of the frequency and shows the max of displacement as sinusoidal-voltage**0.5V was measured.

[0210] Although considered as the cyclic structure of the rectangle which has the supporter 254 which turns into moving part 20 behind, and the supporter 256 which turns into a fixed part 22 behind as a configuration of a base 258 by the above-mentioned 3rd and the 4th manufacture method In addition, a hole 252 is made large as shown in drawing 41. It is good for partial 254a (portion which specifies substantially the thickness of the portion between which moving part 20 intervenes behind at least) of the shape of a frame which supports the 1st and 2nd stainless steel sheet metal 260 and 262, and the back also as cyclic structure of the rectangle which has the supporter 256 used as a fixed part 22.

[0211] In this case, by producing the same device original recording 270 as what fixes through adhesives 200 and is shown in drawing 36 so that a base 258 may be inserted with the 1st and 2nd stainless steel sheet metal 260 and 262, and cutting further along with the cutting plane line 272 as shown by drawing 36, as shown in drawing 44, the piezo-electricity / electrostriction device 10B to which moving part 20 does not exist between the points of the sheet metal sections 16a and 16b are producible.

[0212] Next, it explains, referring to drawing 42 - drawing 46 about the 5th different manufacture method from the 3rd and 4th manufacture methods mentioned above.

[0213] This 5th manufacture method like the 3rd and 4th manufacture methods mentioned above Paste up supporters 254 and 256 on the 1st stainless steel sheet metal 260 and the 2nd stainless steel sheet metal 262, and the device original recording 270 is produced. Then, can apply, also when separating into each piezo-electricity / electrostriction device 10B, and The unit by which separation formation was carried out in each actuator section 204 which comes to form laminating mold piezo-electricity / electrostriction elements 24a and 24b in the sheet metal sections 16a and 16b It can apply, also when producing piezo-electricity / electrostriction device 10B by fixing the fixed part 22 (and suitably moving part 20) prepared by dissociating similarly.

[0214] Later, by the following explanation, moving part 20 is described as "moving part 20" for convenience in the supporter 254 list which serves as moving part 20, and a fixed part 22 is described as "a fixed part 22" for convenience by it in the supporter 256 list which serves as a fixed part 22 behind, and it describes the sheet metal sections 16a and 16b for convenience "the sheet metal sections 16a and 16b" at the 1st and 2nd stainless steel sheet metal 260 and 262 lists which serve as the sheet metal sections 16a and 16b behind.

[0215] And when using adhesives with a fluidity in case the sheet metal sections 16a and 16b are pasted up on a fixed part 22 and moving part 20 through adhesives 200 as shown in drawing 42, in order to specify the formation location of adhesives 200, it is desirable to prepare 280bm(s) and 280bn(s) in each sheet metal section 16a list in level difference 280am and a 280an list at 16b. Of course, when using viscous high adhesives, it is not necessary to prepare such a level difference. In addition, 280bm(s) and 280bn(s) may be formed in level difference 280am and a 280an list by the laminating of a tabular object.

[0216] Drawing 43 considers as fluid high adhesives as adhesives 200 used for adhesion with moving part 20 and each sheet metal sections 16a and 16b, it is the case where viscous high adhesives are used as adhesives 200 used for adhesion with a fixed part 22 and each sheet metal sections 16a and 16b, and the example which prepared level difference 280an and 280bn(s) in the portion using fluid high adhesives among the sheet metal sections 16a and 16b is shown.

[0217] Drawing 44 shows the case where viscous high adhesives are used as adhesives 200 used for adhesion with a fixed part 22 and the sheet metal sections 16a and 16b, and shows the structure where 280bm(s) and 280bn(s) are not prepared in the above level difference 280am(s) and 280an lists.

[0218] Drawing 45 is the case where the high adhesives of both fluidities are used as adhesives 200 used for adhesion with a fixed part 22 and moving part 20, and the sheet metal sections 16a and 16b, and shows the example which prepared 282bm(s) and 282bn(s) in projection 282am and the 282an list for dividing the formation field of adhesives 200 in a sheet metal section 16a list especially at 16b.

[0219] In the example shown in drawing 42 as shown in drawing 46 The magnitude of a fixed part 22 and moving part 20, Level difference 280am of the sheet metal sections 16a and 16b in a fixed part 22 and 280bm(s), and area of the field which counters are especially made larger than the area of level difference 280am and 280bm(s). It may be made to make area of level difference 280an of the sheet metal sections 16a and 16b in moving part 20 and 280bn(s), and the field that counters larger than the area of level difference 280am and 280bm(s). Thereby, level difference 280am and 280bm(s) can prescribe a part for a substantial mechanical component (it is a portion between level difference 280bm and 280bn(s) to the partial list between level difference 280am and 280an(s)) among the sheet metal sections 16a and 16b. As shown in drawing 42, area of level difference 280am of each sheet metal sections 16a and 16b in a fixed part 22 and 280bm(s), and the field that counters is made almost the same as the area of level difference 280am and 280bm(s). When area of level difference 280an of each sheet metal sections 16a and 16b in moving part 20 and 280bn(s), and the field that counters is made almost the same as the area of level difference 280an and 280bn(s) A possibility that dispersion in magnitude with moving part 20, level difference 280an, and 280bn(s) may influence the length for said substantial mechanical component is in the dispersion list of magnitude with a fixed part 22, level difference 280am, and 280bm(s). In addition, although drawing 46 showed the example which turned the fixed part 22 to moving part 20, and enlarged it, it may be made to enlarge the direction of said moving part 20 towards the method of the outside which is an opposite direction. This is the same also in moving part 20.

[0220] In drawing 42 - drawing 46, although level difference 280am, 280bm, 280an and 280bn(s), projection 282am, 282bm, 282an and 282bn(s), and the sheet metal sections 16a and 16b are unifying, like drawing 19 or drawing 23, through adhesives, the laminating of the board processed suitably may be carried out, and it may be formed. It unifies, and when preparing, while forming the sheet metal sections 16a and 16b by making a board member thin by etching, cutting, etc., said level difference 280am, 280bm, 280an and 280bn(s), and projection 282am, 282bm, 282an and 282bn(s) can be prepared in one.

[0221] In addition, although the above-mentioned example showed the example which formed adhesives 200 and 202 by screen-stencil, dipping, a dispenser, an imprint, etc. can be used.

[0222] Next, it explains, referring to drawing 47 - drawing 52 about various examples of a configuration about the adhesives 200 by which it is placed between the adhesives 202 lists which intervene, for example between sheet metal section 16a, and the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 between the sheet metal sections 16a and 16b, moving part 20, and a fixed part 22.

[0223] First, in the 1st technique shown in drawing 47, laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is pasted up on the portion in which many holes 290 were formed in sheet metal section 16a, and these holes 290 were formed through adhesives 202. In this case, since adhesives 202 enter in a hole 290, while adhesion area becomes large substantially, it becomes possible to make thickness of adhesives 202 thin. It is desirable that it is 5% or less of the total thickness of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, and is more than the thickness of the degree which can absorb the heat stress by the difference of the coefficient of thermal expansion of sheet metal section 16a and adhesives 202 as thickness of said adhesives 202.

[0224] As a path of a hole 290, 5 micrometers - 100 micrometers may be desirable, and staggered arrangement is [a matrix-like is sufficient as the array pattern, and] sufficient as it. Of course, one train may be made to arrange two or more holes 290. As an array pitch of a hole 290, 10 micrometers - 200 micrometers are desirable. Moreover, you may be a crevice (hole) instead of a hole 290. In this case, the

path of a hole may have 5 micrometers - desirable 100 micrometers, and staggered arrangement is [a matrix-like is sufficient as that array pattern, and] sufficient as it. As an array pitch of a hole, 10 micrometers - 200 micrometers are desirable. Especially in the case of a crevice (hole), it is made into the shape for example, of a plane rectangle, and it may be made to make the opening area smaller than the projected area to sheet metal section 16a of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 slightly. In addition, as the technique of forming a hole 290 and a hole in sheet metal section 16a, etching, laser beam machining, blanking, drilling, an electron discharge method, ultrasonic machining, etc. are employable, for example.

[0225] In the 2nd technique shown in drawing 48, the surface 292 of a portion in which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is formed among sheet metal section 16a is made coarse by blast processing, etching processing, or plating processing. In this case, the inferior surface of tongue 294 of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is also made coarse. Thereby, since adhesion area becomes large substantially, it becomes possible to make thickness of adhesives 202 thin.

[0226] Although drawing 48 showed the example which made coarse the surface of sheet metal section 16a, and the inferior surface of tongue (sheet metal section 16a and field which counters) of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, it is [that adhesive strength with adhesives 202 should just make the field of the smaller one coarse] also fully effective to have made coarse only the surface of sheet metal section 16a. As surface roughness, when it sees, for example by the center line average of roughness height, $Ra=0.1$ micrometer-5micrometer is desirable and is 0.3 micrometers - 2 micrometers more preferably.

[0227] Curvature 296 is given to the flash configuration of adhesives 200, and the flash configuration of the adhesives 200 to the hole (hole 252 of a base 258) especially formed in the wall of the sheet metal sections 16a and 16b, wall of moving part 20 20a, and wall 22a of a fixed part 22 in the 3rd technique shown in drawing 49. In this case, it is desirable to set radius of curvature to 0.05mm or more, and for a flash configuration to become straight line-like, or to make it a part for a bay included. Formation of the curvature 296 to said flash portion of adhesives 200 can be realized before hardening of adhesives 200 by making the core of the shape for example, of a cylinder insert in a hole 252. It controls by the physical properties of adhesives 200, and coverage, and is made for a flash configuration not to turn into convex at least in fact.

[0228] Thereby, since the wall of each sheet metal sections 16a and 16b is also used for the wall 22a list of wall 20a of moving part 20, or a fixed part 22 as an adhesion side, adhesion area becomes large and bond strength can be enlarged. Moreover, the stress concentration for the joint (corner) of wall 22a of a fixed part 22 and the wall of each sheet metal sections 16a and 16b can be distributed effectively.

[0229] The 4th technique shown in drawing 50 is beveling the corner which counters with moving part 20 among the corners of moving part 20 among the corners of a fixed part 22, the corner which counters, and/or a fixed part 22, respectively, and considering as the taper side 298. By adjusting the angle and radius of curvature of beveling suitably, the amount of flashes of adhesives 200 can be stabilized, local dispersion of bond strength can be controlled, and improvement in the yield can be aimed at.

[0230] What grinding and polishing are performed in advance to the portion which serves as one supporter 254 and said corner of the supporter 256 of another side before assembly, and is considered as the taper side 298 as a method of beveling said corner, for example is desirable. Of course, said beveling may be performed after assembly. In this case, laser beam machining, ultrasonic machining, sandblasting, etc. are adopted preferably.

[0231] In case the 5th technique shown in drawing 51 produces the sheet metal sections 16a and 16b, although blanking processing is performed, a burr 300 will usually occur in this case. Although you may make it remove the generated burr 300 before assembly, you may make it leave as it is. In that case, it is desirable to specify the direction of the burr 300 to generate in consideration of the ease of the control to the adhesion direction of handling or each part material and the amount of adhesives etc. The example of drawing 51 shows the condition of having turned the burr 300 of the sheet metal sections 16a and 16b to the method of outside.

[0232] The 6th technique shown in drawing 52 makes thickness of one sheet metal section 16a larger than the thickness of sheet metal section 16b of another side, as mentioned above. And when using it for actuator section 204 list as a sensor, it is desirable to form laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 on one sheet metal section 16a.

[0233] In addition, in case laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 is pasted up on the sheet metal sections 16a and 16b through adhesives 202 as the other technique, for example, you may make it make for example, ZrO two-layer placed between the inferior surfaces of tongue of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24 as a substrate layer.

[0234] Moreover, when using stainless steel sheet metal 260 and 262 (reference, such as drawing 33) as the sheet metal sections 16a and 16b, it is desirable to make it mostly in agreement [the longitudinal direction of the sheet metal sections 16a and 16b and the cold rolling direction of stainless steel sheet metal 260 and 262].

[0235] In addition, as for piezo-electricity / three layers - about ten layers of electrostriction layers 26 which constitute laminating mold piezo-electricity / electrostriction element 24, it is desirable to carry out a laminating.

[0236] According to the piezo-electricity / the electrostriction devices 10A and 10B which were mentioned above, various transducers, Various actuators, a frequency-domain functional part (filter), a transformer, Others [active elements /, such as an object for a communication link, vibrator for power, a resonator a radiator and a discriminator,], It can use as sensor elements for [various] sensors, such as an ultrasonic sensor, an acceleration sensor and an angular-velocity sensor, and an impact sensor, a mass sensor. It can use suitable for the various actuators especially used for the displacement of various precision components, such as an optical instrument and a precision mechanical equipment, etc., or the device of positioning adjustment and angle adjustment.

[0237] In addition, the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method of the ability of various configurations to be taken are natural, without deviating not only from the gestalt of above-mentioned operation but from the summary of this invention.

[0238]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the piezo-electricity / electrostriction device concerning this invention, and its manufacture method While being able to raise the attachment nature of the components to moving part, or the stability of piezo-electricity / electrostriction device in the reinforcement of piezo-electricity / electrostriction device, and a handling nature list and being able to carry out displacement of the moving part greatly by the low battery relatively by this Can make improvement in the speed (raise in resonance frequency) of piezo-electricity / electrostriction device, especially displacement actuation of moving part attain, moreover, are hard to be influenced of a harmful vibration, and a high-speed response is possible. A mechanical strength is high and the displacement element excellent in handling nature, shock resistance, and moisture resistance and the sensor element which can detect vibration of moving part with a sufficient precision in a list can be obtained.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the perspective diagram showing the configuration of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 2] It is the perspective diagram showing the 1st modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 3] It is the perspective diagram showing the 2nd modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 4] It is the perspective diagram showing the 3rd modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 5] It is the perspective diagram showing the 4th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 6] It is the perspective diagram showing the 5th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 7] It is the perspective diagram showing other examples of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the 5th modification.
- [Drawing 8] It is the perspective diagram showing the 6th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 9] It is the perspective diagram showing the 7th modification of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation.
- [Drawing 10] It is the perspective diagram omitting and showing a part of other examples of piezo-electricity / electrostriction element.
- [Drawing 11] It is the perspective diagram omitting and showing a part of example of further others of piezo-electricity / electrostriction element.
- [Drawing 12] In the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation, it is explanatory drawing showing the case where neither piezo-electricity nor / electrostriction element are performing displacement actuation.
- [Drawing 13] Drawing 13 A is the wave form chart showing the voltage waveform impressed to one piezo-electricity / electrostriction element, and drawing 13 B is the wave form chart showing the voltage waveform impressed to the piezo-electricity / electrostriction element of another side.
- [Drawing 14] In the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 1st operation, it is explanatory drawing showing the case where piezo-electricity / electrostriction element performs displacement actuation.
- [Drawing 15] It is the perspective diagram showing the case where the piezo-electricity / electrostriction device of another side are fixed in the moving part of one piezo-electricity / electrostriction device.
- [Drawing 16] Drawing 16 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 1st manufacture method, and drawing 16 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.
- [Drawing 17] Drawing 17 A is explanatory drawing showing the condition of having calcinated the

ceramic green layered product and having considered as the ceramic layered product, and drawing 17 B is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the piezo-electricity / electrostriction element constituted as another object on the surface of the metal plate which serves as the sheet metal section, respectively.

[Drawing 18] In the 1st manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the metal plate on the ceramic layered product, and having considered as the hybrid layered product.

[Drawing 19] It is explanatory drawing showing the condition of having produced the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a hybrid layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the 1st modification.

[Drawing 20] Drawing 20 A is explanatory drawing showing the laminating process of a required ceramic green sheet in the 2nd manufacture method, and drawing 20 B is explanatory drawing showing the condition of having considered as the ceramic green layered product.

[Drawing 21] Drawing 21 A is explanatory drawing showing the condition of having filled up the pore with the filler after calcinating a ceramic green layered product and considering as a ceramic layered product, and drawing 21 B is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the metal plate used as the sheet metal section on the ceramic layered product, and having considered as the hybrid layered product, respectively.

[Drawing 22] It is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the piezo-electricity / electrostriction element constituted as another object on the surface of the metal plate of a hybrid layered product.

[Drawing 23] It is explanatory drawing showing the condition of having produced the piezo-electricity / electrostriction device which cuts a hybrid layered product along with a predetermined cutting plane line, and is applied to the 1st modification.

[Drawing 24] It is the perspective diagram showing the configuration of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 25] It is the perspective diagram showing other configurations of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 26] It is the enlarged view showing the example of 1 configuration of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element.

[Drawing 27] It is the enlarged view showing the desirable example of a configuration of the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element shown in drawing 26.

[Drawing 28] It is the enlarged view showing other examples of a configuration of laminating mold piezo-electricity / electrostriction element.

[Drawing 29] It is the enlarged view showing the desirable example of a configuration of the laminating mold piezo-electricity / electrostriction element shown in drawing 28.

[Drawing 30] It is the perspective diagram showing the configuration of further others of the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 31] It is explanatory drawing showing the desirable size relation between the piezo-electricity / electrostriction device concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 32] In the 3rd manufacture method, it is explanatory drawing showing the condition of having drilled the rectangle-like hole in the center section of the stainless plate, and having produced the base of rectangular cyclic structure.

[Drawing 33] It is explanatory drawing showing the condition of forming adhesives in the 1st stainless steel sheet metal.

[Drawing 34] It is explanatory drawing showing the condition of having pasted up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element on the 1st stainless steel sheet metal through adhesives.

[Drawing 35] It is explanatory drawing showing the condition of pasting up the 1st and 2nd stainless steel sheet metal on a base through adhesives.

[Drawing 36] It is explanatory drawing showing the condition of cutting the produced device original recording.

[Drawing 37] In the 4th manufacture method, it is explanatory drawing in which drilling a rectangle-like hole in the center section of the stainless plate, producing the base of rectangular cyclic structure, and showing further the condition of pasting up the 1st and 2nd stainless steel sheet metal on this base through adhesives.

[Drawing 38] It is explanatory drawing showing the condition of having pasted up the 1st and 2nd stainless steel sheet metal on the base through adhesives.

[Drawing 39] It is explanatory drawing showing the condition of forming adhesives in the 1st stainless steel sheet metal.

[Drawing 40] It is explanatory drawing showing the condition of having pasted up laminating mold piezo-electricity / electrostriction element on the 1st stainless steel sheet metal through adhesives.

[Drawing 41] It is explanatory drawing showing the condition of pasting up the 1st and 2nd stainless steel sheet metal on the base of other examples through adhesives.

[Drawing 42] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the example which prepared the level difference in the portion which a fixed part pastes up at least among each sheet metal section.

[Drawing 43] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the example which does not prepare a level difference in the portion which a fixed part pastes up at least among each sheet metal section.

[Drawing 44] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the example which does not prepare a level difference in each sheet metal section.

[Drawing 45] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the example which prepared the projection for forming the partition of adhesion into the portion which a fixed part pastes up among each sheet metal section.

[Drawing 46] In the 5th manufacture method, it is explanatory drawing showing the example which enlarged the fixed part.

[Drawing 47] It is explanatory drawing showing the 1st technique (a hole is prepared in the sheet metal section).

[Drawing 48] It is explanatory drawing showing the 2nd technique (the surface of the sheet metal section, and a piezo-electricity / electrostriction element is made coarse).

[Drawing 49] It is explanatory drawing showing the 3rd technique (curvature is prepared in the flash portion of adhesives).

[Drawing 50] It is explanatory drawing showing the 4th technique (the corner of a fixed part is beveled).

[Drawing 51] It is explanatory drawing showing the 5th technique (a burr is turned to the method of outside).

[Drawing 52] It is explanatory drawing showing the 6th technique (the thickness of the sheet metal section is changed).

[Drawing 53] It is the block diagram showing the piezo-electricity / electrostriction device concerning the conventional example.

[Description of Notations]

10A, 10Aa - 10Ag, ten A1, ten A2, 10B -- Piezo-electricity / electrostriction device

12 -- Pore 16a, 16b -- Sheet metal section

24 -- Piezo-electricity / electrostriction element 152A, 152B -- Metal plate

200 202 -- Adhesives 204 -- Actuator section

208 -- Apical surface of a multilayer object 209 -- Back end side of a multilayer object

258 -- Base 270 -- Device original recording

280am(s), 280bm, 280an, 280bn -- Level difference

282am(s), 282bm, 282an, 282bn -- Projection

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] They are the piezo-electricity / electrostriction device which has at least the actuator section which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element fixed through adhesives on the metal sheet metal section, and is characterized by an actuator film with which said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element consist of piezo-electricity / an electrostriction layer, and an electrode layer consisting of multilayer objects of at least three or more layers.

[Claim 2] The piezo-electricity / electrostriction device which the laminating of two or more electrode layers in a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element is alternately carried out in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1, and is characterized by connecting so that the same voltage may be impressed every other layer.

[Claim 3] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said actuator film consisting of multilayer objects of ten or less layers in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 1 or 2.

[Claim 4] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming said actuator film with a printing multilayer method in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-3.

[Claim 5] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by a location gap of the direction of a field in perpendicular plane of projection of said electrode layer in every other layer being 50 micrometers or less in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-4.

[Claim 6] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by thickness of said adhesives being 15 micrometers or less in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-5.

[Claim 7] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming a substrate layer in an opposed face with said sheet metal section in said piezo-electricity / electrostriction element in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-6.

[Claim 8] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming one or more holes or a hole in a portion in which said piezo-electricity / electrostriction element are formed at least among said sheet metal sections in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-7.

[Claim 9] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by making into a split face a portion in which said piezo-electricity / electrostriction element are formed at least among the surfaces of said sheet metal section in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 1-7.

[Claim 10] It has the following and the actuator section by which laminating mold piezo-electricity / electrostriction element was fixed through adhesives on one [at least] sheet metal section is provided. Said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element Consist of two or more piezo-electricity / electrostriction layers, and electrode layers, and an electrode layer which touches a vertical side of each piezo-electricity / electrostriction layer is alternately drawn by opposite end face. The piezo-electricity / electrostriction device with which an end-face electrode which connects electrically each

electrode layer drawn by the alternate opposite end face concerned is prepared in the surface of said piezo-electricity / electrostriction layer of the outermost layer, and is characterized by connecting with a terminal area which only predetermined distance leaves, and by which it has been arranged electrically, respectively. The metal sheet metal section of a pair which carries out phase opposite A fixed part which supports these sheet metal section

[Claim 11] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said laminating mold piezo-electricity / electrostriction element presenting a rectangular parallelepiped configuration mostly in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 10.

[Claim 12] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by predetermined distance between said terminal areas being 50 micrometers or more in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 10 or 11.

[Claim 13] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by connecting electrically said one [at least] terminal area and said one end-face electrode by electrode layer of thickness thinner than these terminal areas and an end-face electrode in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 10-12.

[Claim 14] They are the piezo-electricity / electrostriction device with which it had the following and one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair. The minimum resonance frequency of the structure in case a body of comparable magnitude intervenes substantially with said fixed part between open ends of the sheet metal section of said pair is 20kHz or more. The piezo-electricity / electrostriction device with which the amount of relative displacements of said body and said fixed part is characterized by being 0.5 micrometers or more in ontic applied-voltage 30V on 1/4 or less frequency of said resonance frequency. The sheet metal section of a pair which carries out phase opposite A fixed part which supports these sheet metal section

[Claim 15] The piezo-electricity / electrostriction device which adhesives intervene between said piezo-electricity / electrostriction elements, and said sheet metal sections, and is characterized by thickness of said adhesives being 10% or less of thickness of thickness of said piezo-electricity / electrostriction element in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 14.

[Claim 16] The piezo-electricity / electrostriction device with which said one or more piezo-electricity / electrostriction elements are arranged in one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair, and thickness of one [said] sheet metal section is characterized by being thicker than thickness of the sheet metal section of another side in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 14 or 15.

[Claim 17] In piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 14-16 When a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair, distance between boundary portions of a boundary portion with said body in the sheet metal section of said pair and said fixed part 0.4mm or more, The piezo-electricity / electrostriction device characterized by being 2mm or less and each thickness of the sheet metal section of said pair being 10 micrometers or more and 100 micrometers or less.

[Claim 18] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by an actuator film with which said piezo-electricity / electrostriction element consist of piezo-electricity / an electrostriction layer, and an electrode layer in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 14-17 consisting of multilayer objects of at least three or more layers.

[Claim 19] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said actuator film consisting of multilayer objects of ten or less layers in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 18.

[Claim 20] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by thickness of said piezo-electricity / electrostriction layer being 5 micrometers or more and 30 micrometers or less in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 18 or 19.

[Claim 21] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by thickness of an electrode layer inserted into said piezo-electricity / electrostriction layer at least being 0.5 micrometers or more and 20

micrometers or less in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 18-20.

[Claim 22] The piezo-electricity / electrostriction device which the laminating of two or more electrode layers in a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element is carried out alternately, and is characterized by connecting so that the same voltage may be impressed every other layer in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 18-21.

[Claim 23] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by being formed so that an electrode layer of the layer [1st] piezo-electricity / the electrostriction layer, or the 1st layer, and the layer [1st] piezo-electricity / electrostriction layer may contact said sheet metal section among multilayer objects with which said piezo-electricity / electrostriction element constitute this piezo-electricity / electrostriction element in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 22.

[Claim 24] They are the piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming one side in a location which does not contain said fixed part at least superficially among edges of said electrode layer in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 22 or 23.

[Claim 25] The piezo-electricity / electrostriction device with which an end of a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element is characterized by being formed in a location which does not contain said fixed part at least superficially in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 18-24.

[Claim 26] In piezo-electricity / electrostriction device according to claim 24 or 25, when a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair The minimum distance between boundary portions of a boundary portion with said body in the sheet metal section of said pair and said fixed part is set to L_a . When a multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element among said body or said fixed part is not formed with while and sets shortest distance to L_b among distance from a boundary portion with said sheet metal section to an edge of said electrode layer, The piezo-electricity / electrostriction device characterized by $(1-L_b/L_a)$ being 0.4 or more.

[Claim 27] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by $(1-L_b/L_a)$ being 0.5-0.8 in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 26.

[Claim 28] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said sheet metal section becoming any 1 term of claims 14-27 from a metal in the piezo-electricity / electrostriction device of a publication.

[Claim 29] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by consisting of a metal plate with which cold rolling processing of said sheet metal section was carried out in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 28.

[Claim 30] The piezo-electricity / electrostriction device with which thickness is characterized by adhesives (0.1 micrometers or more and 30 micrometers or less) intervening in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 18-29 between said multilayer object which constitutes said piezo-electricity / electrostriction element, and said sheet metal section.

[Claim 31] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said adhesives consisting of organic resin in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 30.

[Claim 32] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said adhesives consisting of glass, low material, or solder in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 30.

[Claim 33] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming a substrate layer in an opposed face with said sheet metal section in said multilayer object in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 30-32.

[Claim 34] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by forming one or more holes or a hole in a portion in which said multilayer object is formed at least among said sheet metal sections in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 30-33.

[Claim 35] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by making into a split face a portion in which said multilayer object is formed at least among the surfaces of said sheet metal section in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 30-33.

[Claim 36] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by adhesives (0.1 micrometers or more and 30 micrometers or less) intervening [thickness] between said fixed parts at least with said

sheet metal section in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 14-35.

[Claim 37] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said adhesives consisting of organic resin in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 36.

[Claim 38] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by said adhesives consisting of glass, low material, or solder in piezo-electricity / electrostriction device according to claim 36.

[Claim 39] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by giving curvature to a flash configuration of said adhesives which overflowed an opposite portion with said fixed part into any 1 term of claims 36-38 at least with said sheet metal section in the piezo-electricity / electrostriction device of a publication.

[Claim 40] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by beveling a corner which counters said body of said fixed part at least in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 36-38 when a body intervenes between open ends in the sheet metal section of said pair.

[Claim 41] The piezo-electricity / electrostriction device characterized by turning a burr by said blanking processing to a method of outside in piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 36-38 when said sheet metal section is produced by blanking processing of a metal plate.

[Claim 42] A manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that provided the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite characterized by providing the following, and a fixed part which supports these sheet metal section, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair Two or more sheet metal which forms the sheet metal section behind at least Said piezo-electricity / electrostriction element A production process for which a support substrate is prepared A production process which fixes piezo-electricity / electrostriction element through the 1st adhesives to said at least one sheet metal, a production process which produces device original recording which fixes said two or more sheet metal through the 2nd adhesives to said support substrate, and by which phase opposite of this two or more sheet metal was carried out, and a separation production process which divides said device original recording into plurality, and produces each piezo-electricity / electrostriction device of said

[Claim 43] A manufacture method of piezo-electricity / electrostriction device that provided the sheet metal section of a pair which carries out phase opposite characterized by providing the following, and a fixed part which supports these sheet metal section, and one or more piezo-electricity / electrostriction elements were arranged in at least one sheet metal section among the sheet metal sections of said pair Two or more sheet metal which forms the sheet metal section behind at least Said piezo-electricity / electrostriction element A production process for which a support substrate is prepared A production process which fixes said two or more sheet metal through the 2nd adhesives to said support substrate, a production process which produces device original recording which fixes piezo-electricity / electrostriction element through the 1st adhesives to said at least one sheet metal, and by which phase opposite of said two or more sheet metal was carried out, and a separation production process which divides said device original recording into plurality, and produces each piezo-electricity / electrostriction device of said

[Claim 44] It is the manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said support substrate being the cyclic structure object of a rectangle which has a portion which serves as said body at least behind, and a portion which serves as said fixed part behind when a body intervenes in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device according to claim 42 or 43 between open ends in the sheet metal section of said pair of the piezo-electricity / electrostriction device produced.

[Claim 45] It is the manufacture method of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by for said support substrate to be the cyclic structure object of a rectangle which has a portion which supports said open end, and a portion which serves as said fixed part behind when a body does not intervene between open ends in the sheet metal section of said pair of the piezo-electricity / electrostriction device produced in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-44.

[Claim 46] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said the 1st adhesives and/or 2nd adhesives being organic resin in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-45.

[Claim 47] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said the 1st adhesives and/or 2nd adhesives being glass, low material, or solder in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-45.

[Claim 48] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said sheet metal and/or a support substrate being metals in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-47.

[Claim 49] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by said cutting direction being almost the same as the displacement direction of the sheet metal section of said pair when it includes processing cut along with a predetermined cutting plane line to said device original recording as processing which divides said device original recording into any 1 term of claims 42-48 in a manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device of a publication.

[Claim 50] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which forms a substrate layer in an opposed face with said sheet metal in said piezo-electricity / electrostriction element in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-49 before fixing said piezo-electricity / electrostriction element through said 1st adhesives to said sheet metal.

[Claim 51] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which forms one or more holes or a hole in a portion which said piezo-electricity / electrostriction element fix at least among said sheet metal in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-50.

[Claim 52] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which makes coarse a portion which said piezo-electricity / electrostriction element fix at least among the surfaces of said sheet metal in a manufacture method of of piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-50.

[Claim 53] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which forms curvature in a flash configuration of said 2nd adhesives which overflowed an opposite portion of said sheet metal and said support substrate into any 1 term of claims 42-52 in a manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device of a publication.

[Claim 54] A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by including a production process which bevels a corner which counters mutually [said support substrate] among said device original recording any 1 term of claims 42-52 in a manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device of a publication.

[Claim 55] In piezo-electricity / electrostriction device given in any 1 term of claims 42-52 When it includes a production process which produces said sheet metal by carrying out blanking processing to a metal plate A manufacture method of of the piezo-electricity / electrostriction device characterized by turning to a method of outside a burr by said blanking processing which has generated said sheet metal in said sheet metal in case said device original recording is produced combining said support substrate, and producing said device original recording.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

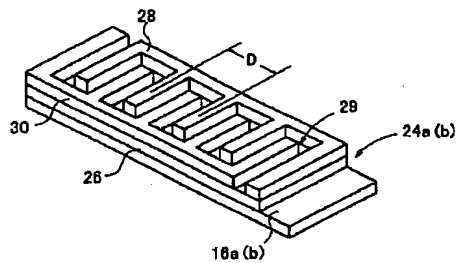
Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

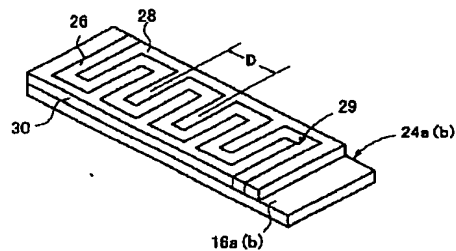
[Drawing 10]

FIG. 10



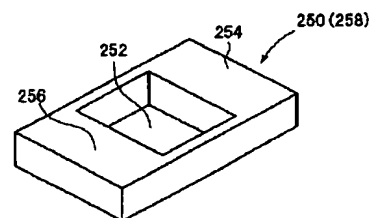
[Drawing 11]

FIG. 11



[Drawing 32]

FIG. 32



[Drawing 1]

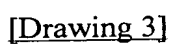
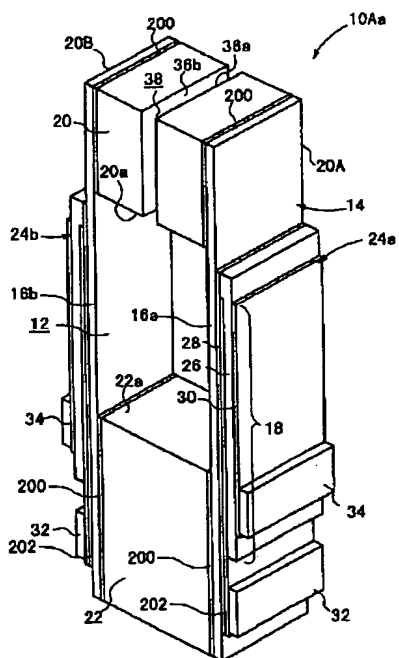
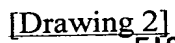
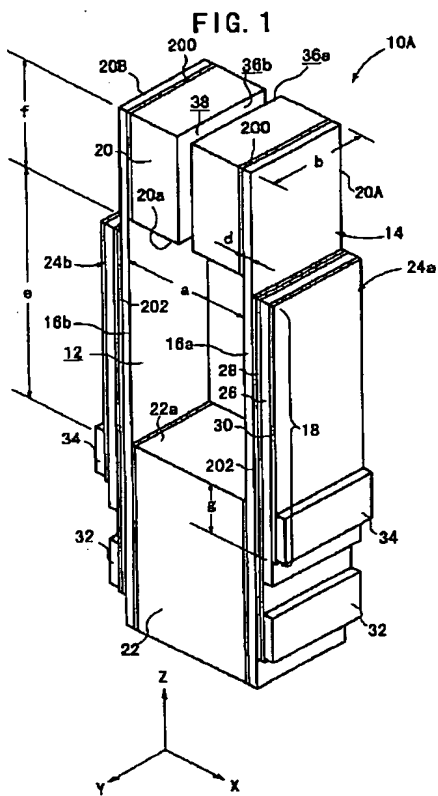
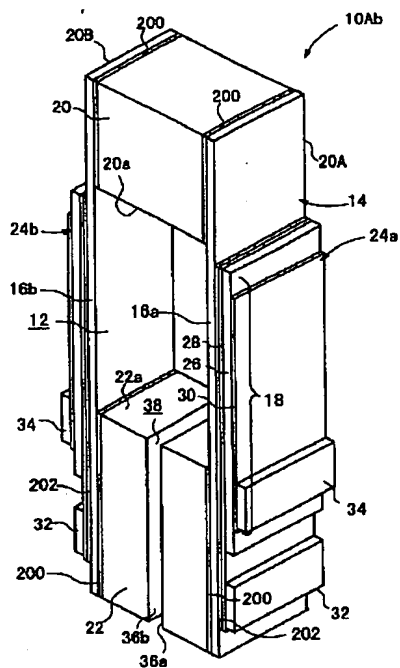
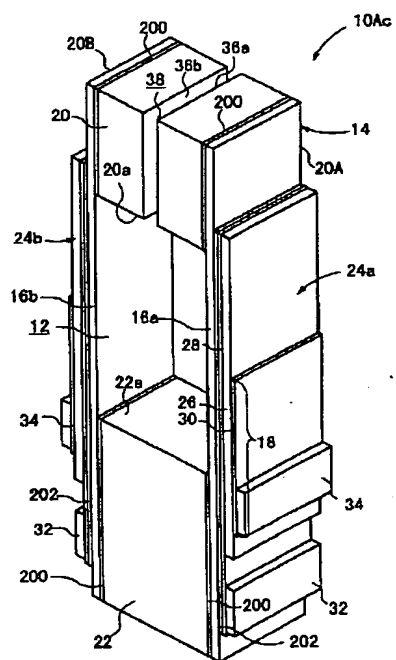


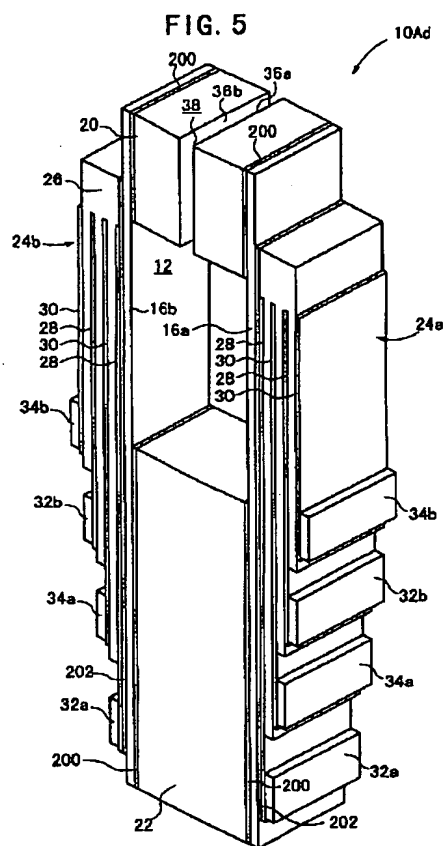
FIG. 3



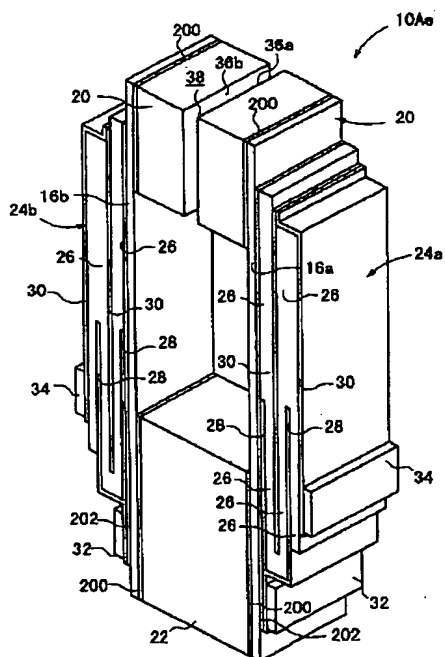
[Drawing 4]
FIG. 4



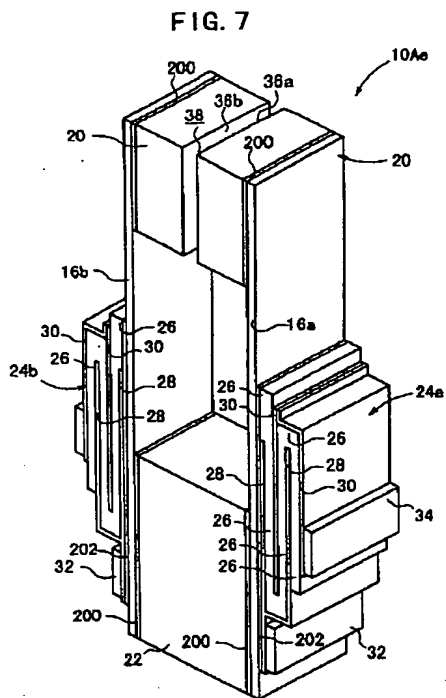
[Drawing 5]



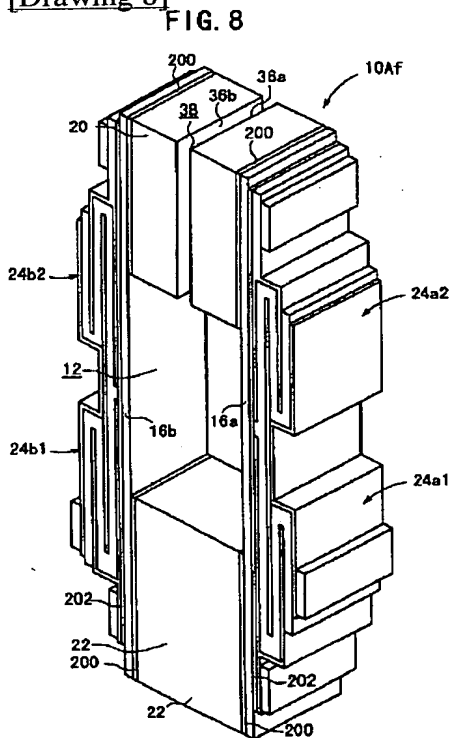
[Drawing 6] **FIG. 6**



[Drawing 7]

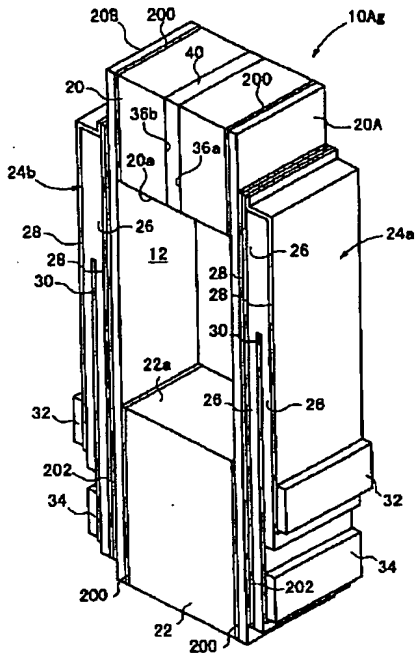


[Drawing 8]

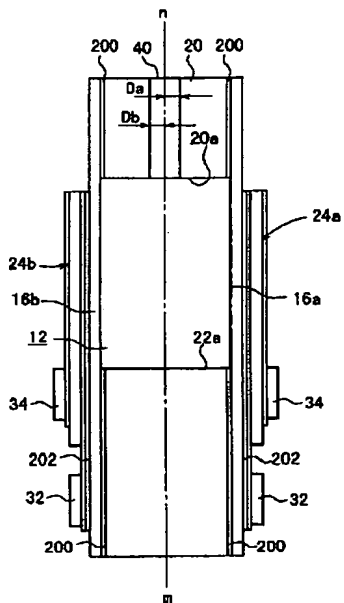


[Drawing 9]

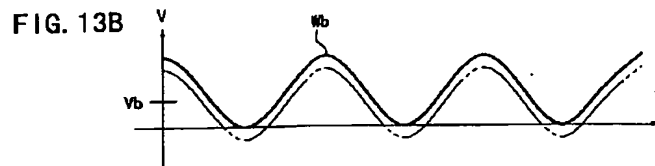
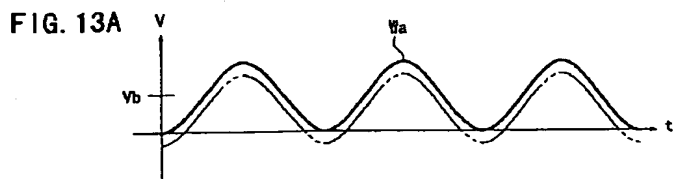
FIG. 9



[Drawing 12]
FIG. 12

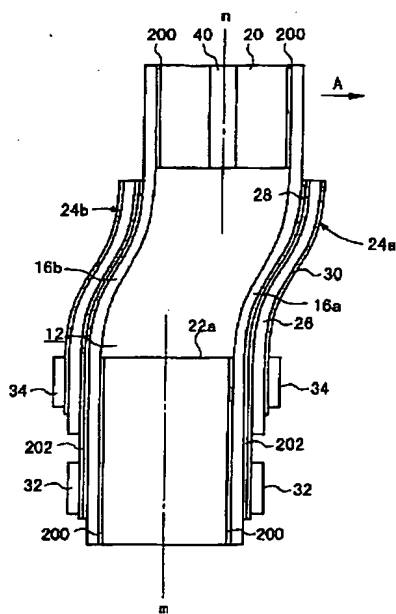


[Drawing 13]



[Drawing 14]

FIG. 14



[Drawing 15]

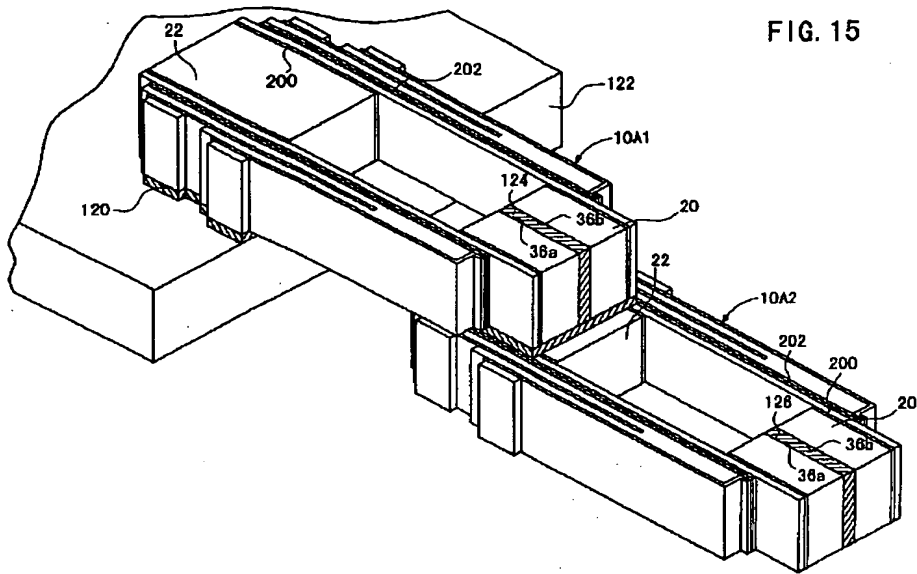
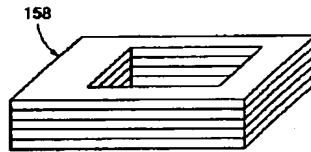
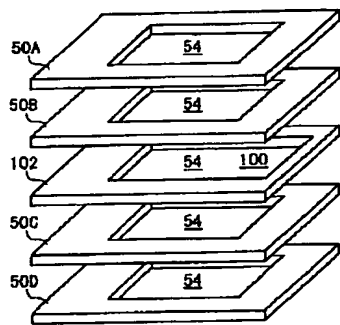


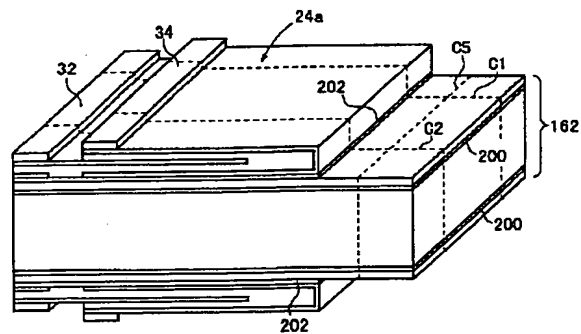
FIG. 15

[Drawing 16]
FIG. 16A

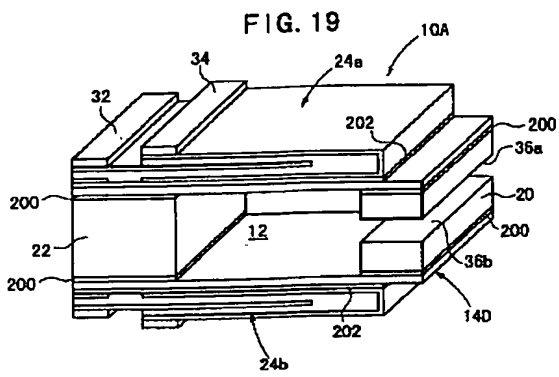
FIG. 16B



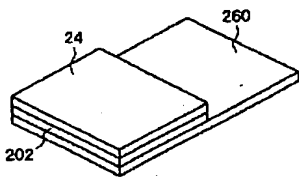
[Drawing 18]
FIG. 18



[Drawing 19]



[Drawing 34]
FIG. 34



[Drawing 17]
FIG. 17A

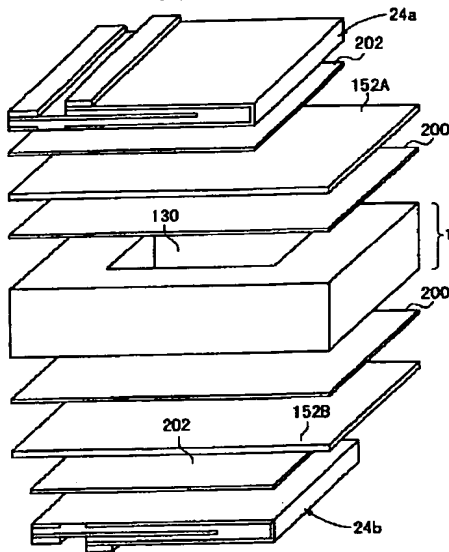
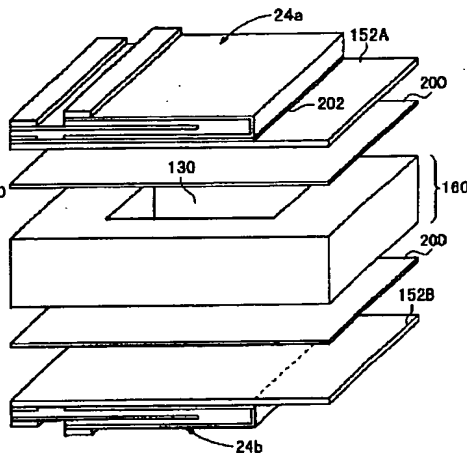
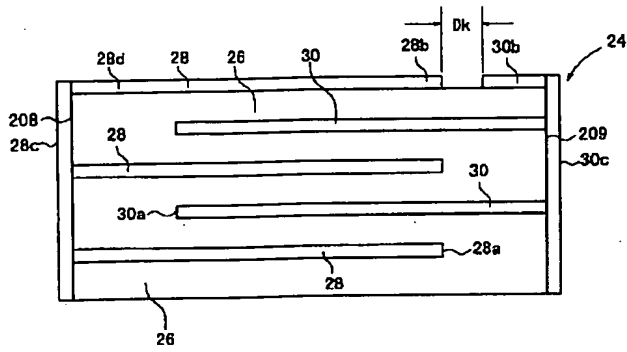


FIG. 17B

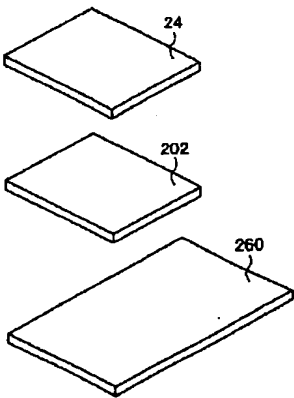


[Drawing 20]

FIG. 26



[Drawing 33]
FIG. 33



[Drawing 21]
FIG. 21A

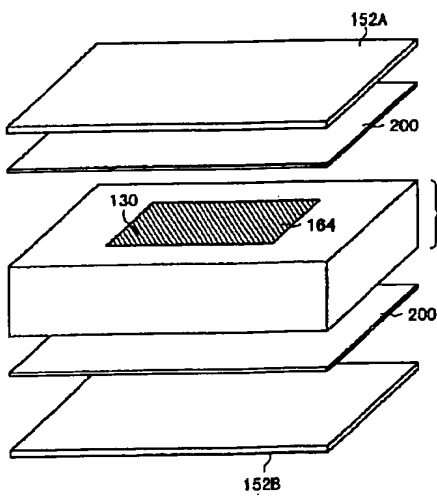
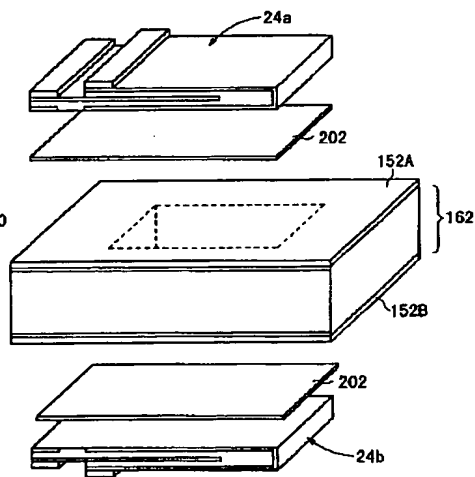
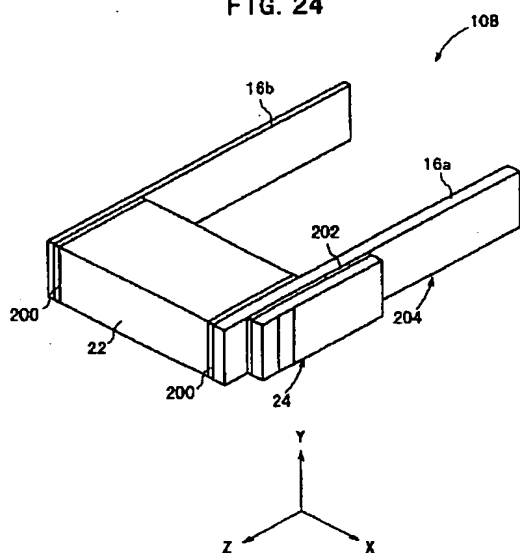


FIG. 21B



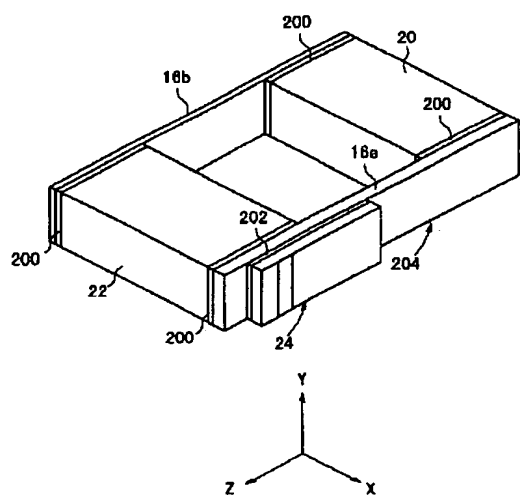
[Drawing 24]

FIG. 24



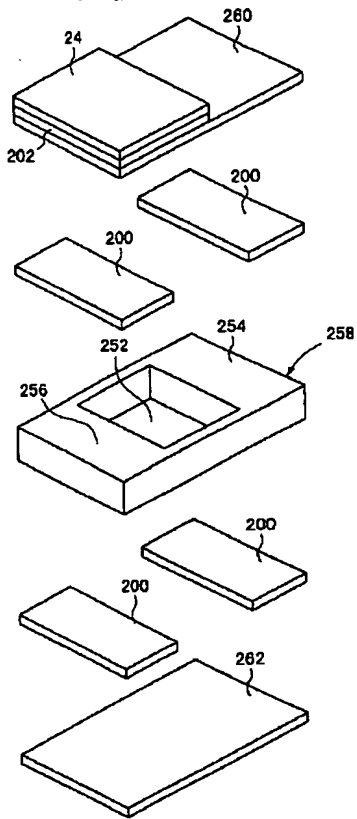
[Drawing 25]

FIG. 25

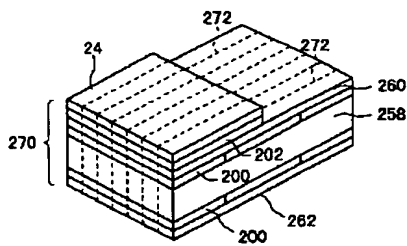


[Drawing 35]

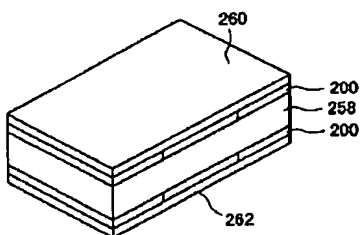
FIG. 35



[Drawing 36]
FIG. 36

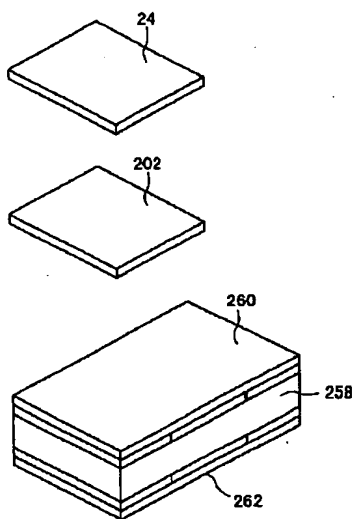


[Drawing 38]
FIG. 38



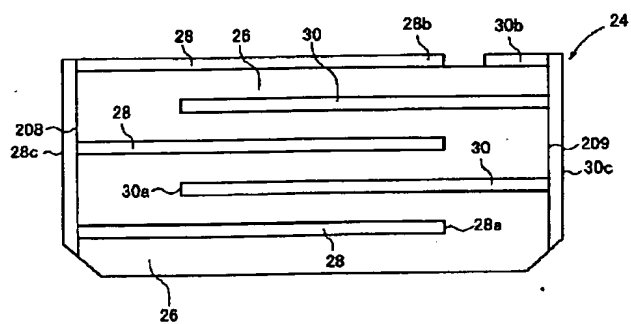
[Drawing 39]

FIG. 39



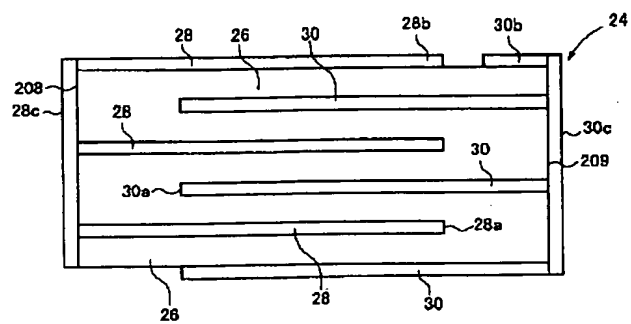
[Drawing 27]

FIG. 27



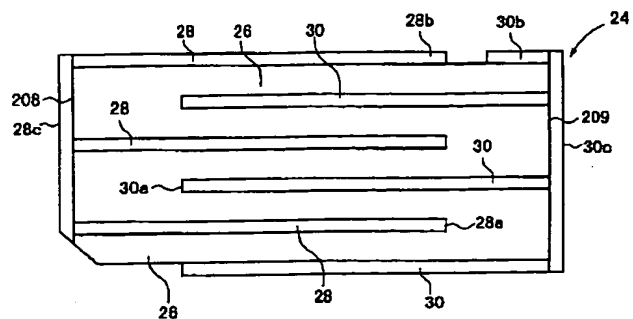
[Drawing 28]

FIG. 28



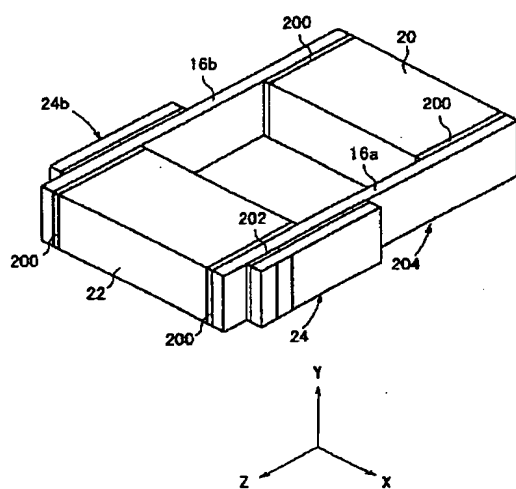
[Drawing 29]

FIG. 29



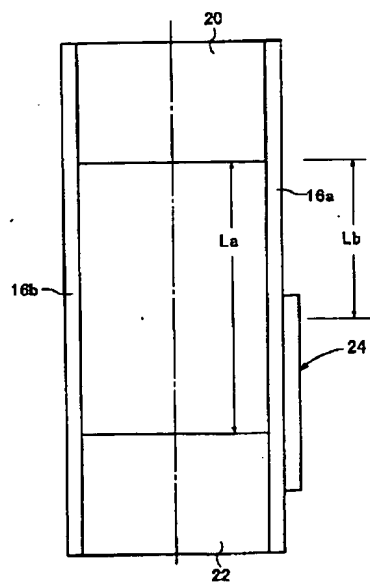
[Drawing 30]

FIG. 30

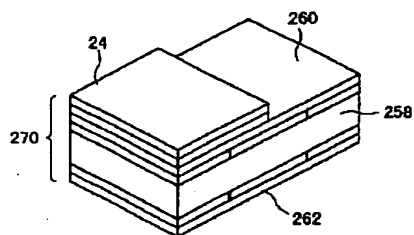


[Drawing 31]

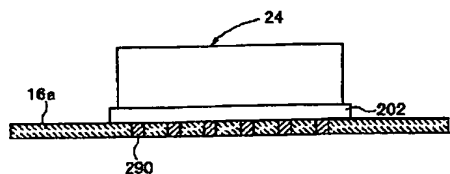
FIG. 31



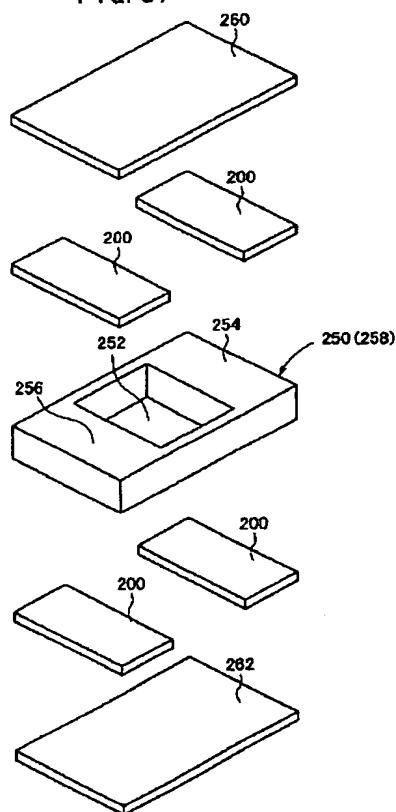
[Drawing 40]
FIG. 40



[Drawing 47]
FIG. 47

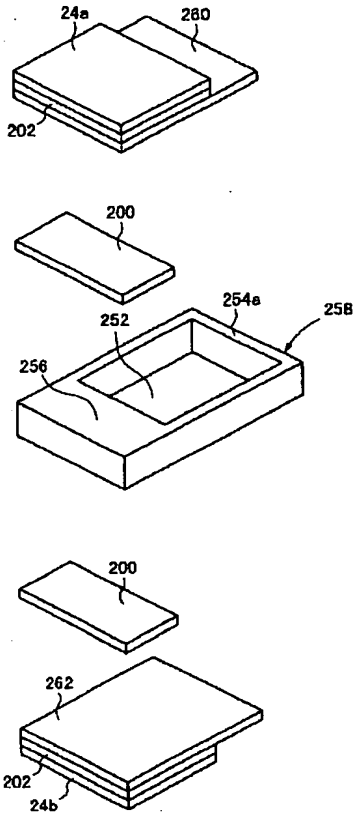


[Drawing 37]
FIG. 37



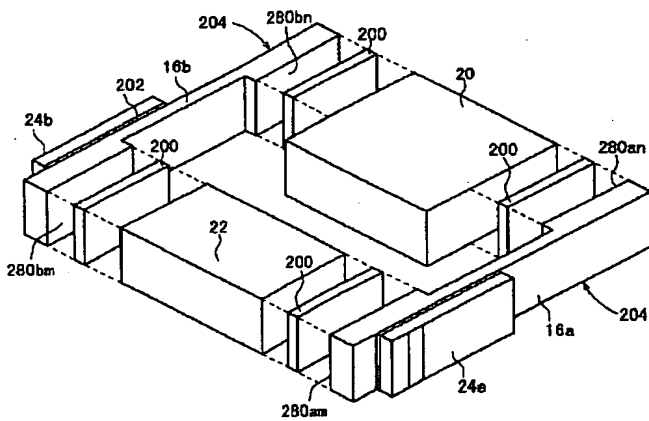
[Drawing 41]

FIG. 41



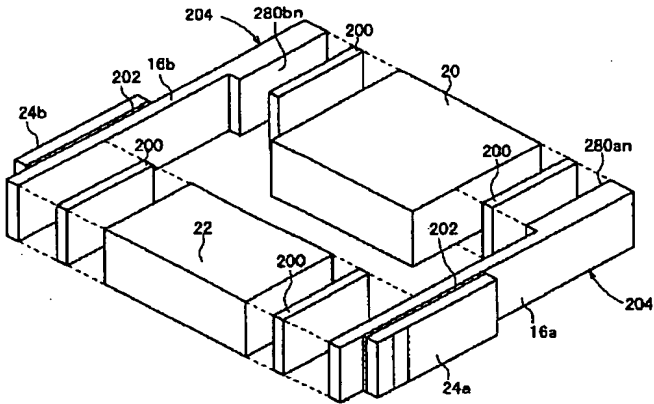
[Drawing 42]

FIG. 42



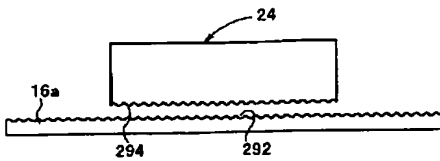
[Drawing 43]

FIG. 43



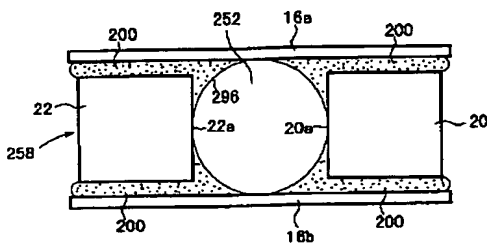
[Drawing 48]

FIG. 48



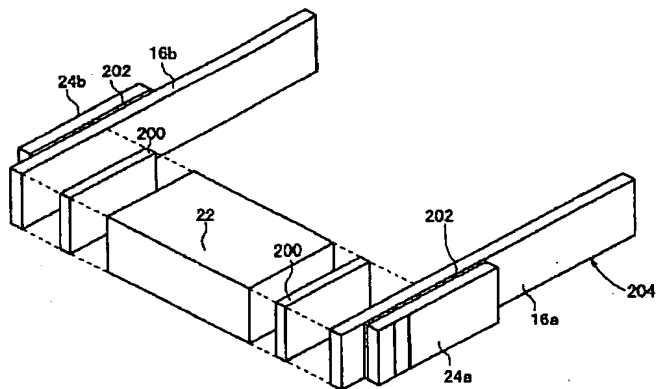
[Drawing 49]

FIG. 49



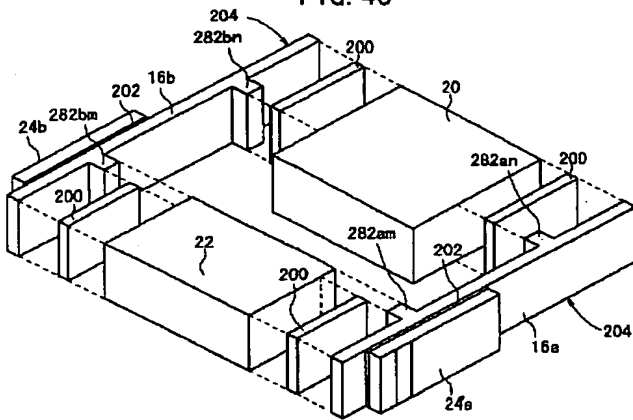
[Drawing 44]

FIG. 44



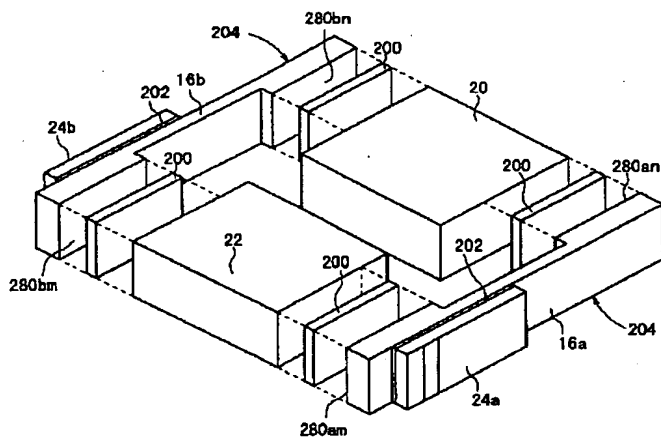
[Drawing 45]

FIG. 45



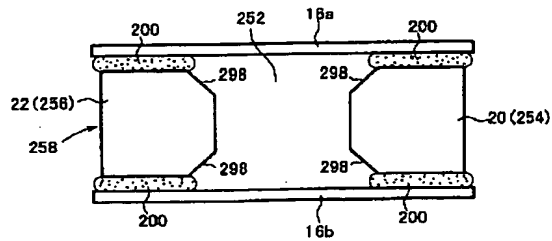
[Drawing 46]

FIG. 46



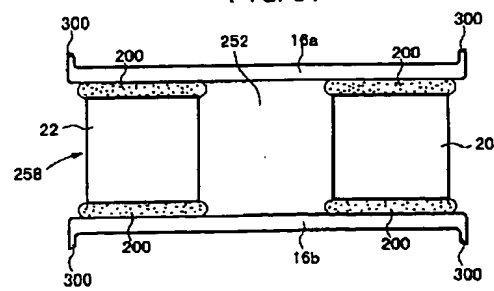
[Drawing 50]

FIG. 50



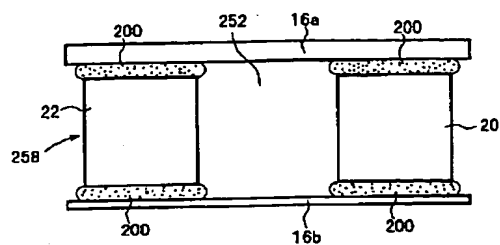
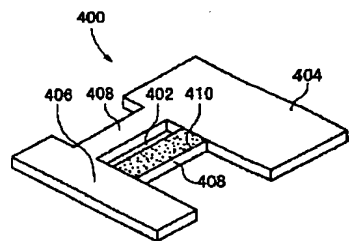
[Drawing 51]

FIG. 51



[Drawing 52]

FIG. 52

[Drawing 53]
FIG. 53

[Translation done.]